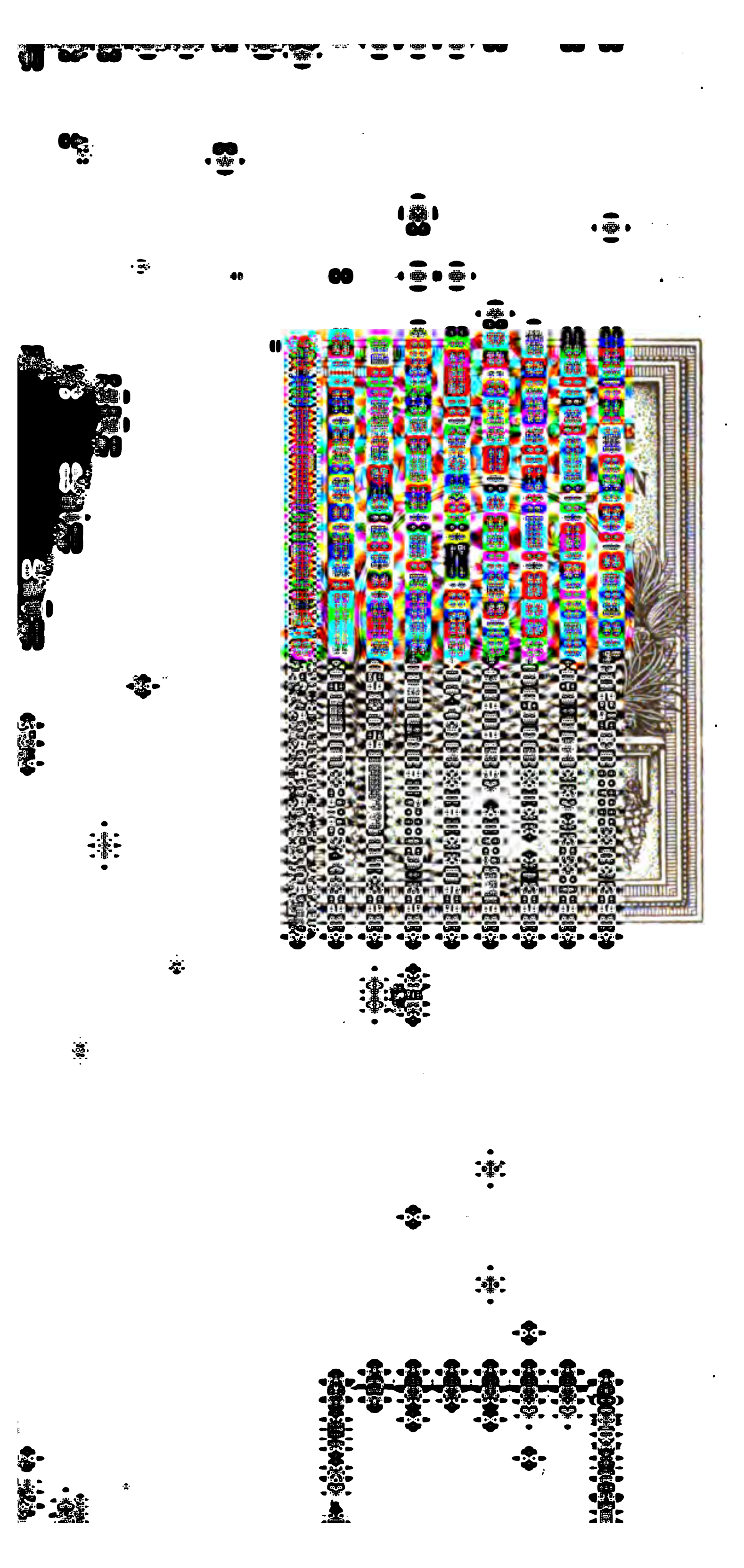


JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

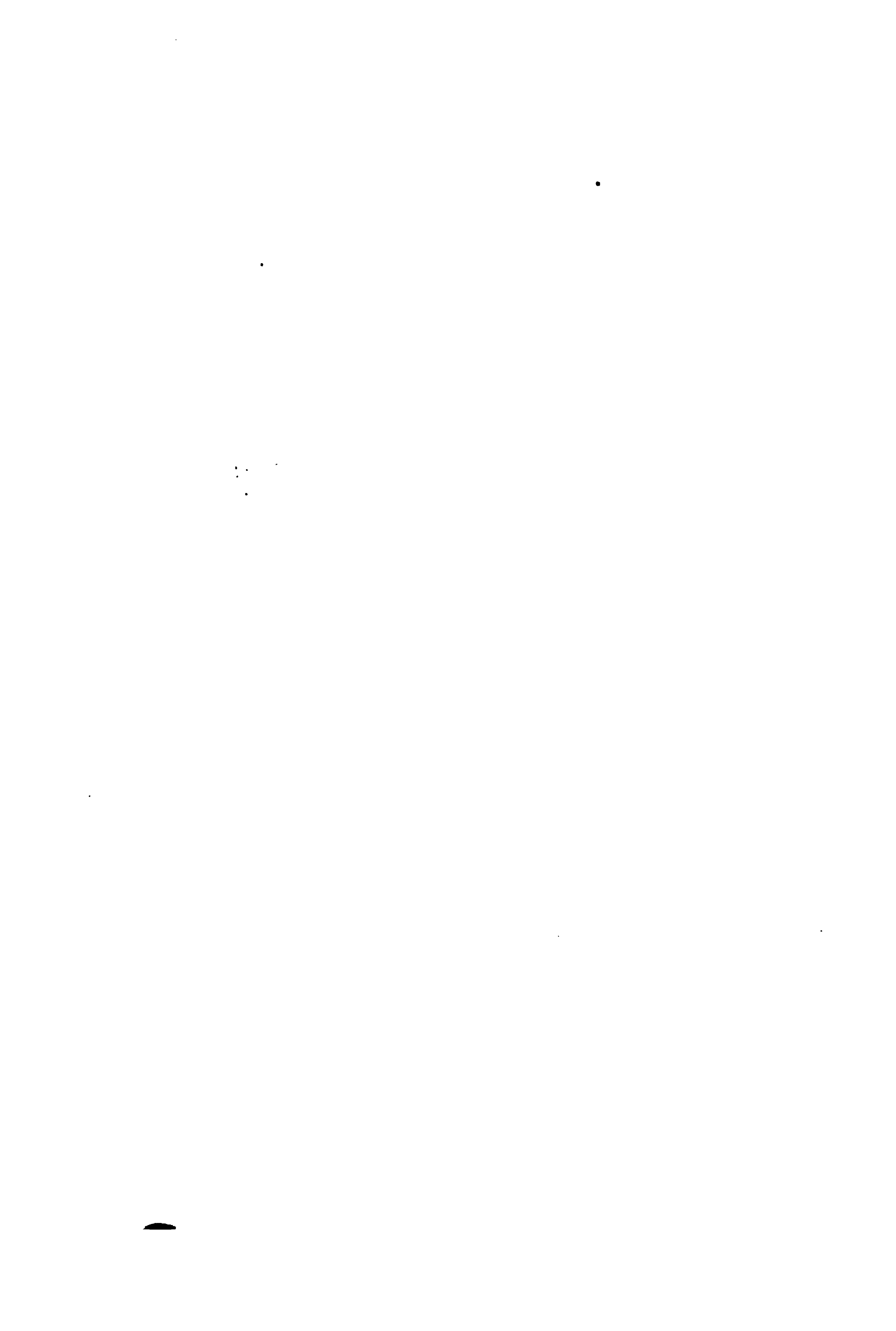
Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XIII. Jahrgang 1902.

Mit 5 Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1903.



Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Sonnenstatistik 1901. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind auch für dieses Jahr von A. Wolfer festgestellt worden.[1] Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse auf Grund der in Zürich und an fünfzehn andern Orten angestellten Beobachtungen. Es bezeichnet darin n die Zahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage, und r die mittlere Relativzahl.

1901	n	m	r
Januar	31	30	0.2
Februar	28	20	2.4
März	31	23	4.5
April	30	30	0.0
Mai	31	18	10.2
Juni	30	15	5.8
Juli	31	28	0.7
August	31	27	1.0
September	30	28	0.6
Oktober	31	21	3.7
November	30	16	3.8
Dezember	31	31	0.0
Jahr	365	287	2.7

Das Jahresmittel $r = 2.7$ ist gegenüber dem Vorjahre ($r = 9.5$) noch etwas stärker gesunken als von 1899 auf 1900, und die Abnahme erstreckt sich auf alle einzelnen Monate. Nicht weniger bezeichnend für die ungewöhnlich geringe Thätigkeit ist die auf volle 287 angestiegene Zahl der fleckenfreien Tage, und eine Vergleichung mit frühern Minimaljahren ist in beiden Richtungen nicht ohne Interesse.

„Es steht das Jahr 1901 sowohl nach Massgabe der Relativzahl als auch des Verhältnisses der fleckenfreien Tage zu den vorhandenen

[1] Astron. Mitteilungen von A. Wolfer, No. 93. Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich 1902, p. 58.

Beobachtungstagen noch unter dem Minimum von 1878, das doch ein sehr ausgeprägtes war, und man muss bis auf 1823 zurückgehen, bevor man zu einem ebenso niedern wie das gegenwärtige gelangt. Übrigens scheint es, soweit die bis jetzt vorliegenden Beobachtungen von 1902 zeigen, durch seine lange Dauer nicht weniger als durch seine Tiefe sich bemerkbar zu machen. Dass die Minimumepoche in das Jahr 1901 fällt, ist wohl ziemlich sicher; gegenüber dem normalen 11-jährigen Periodenwechsel ist sie aber auch so schon stark verspätet; denn nach normalem Verlaufe hätte sie, wenn man vom letzten Minimum aus rechnet, auf 1889,6 + 11,1 = 1900,7, und wenn man vom letzten Maximum ausgeht, d. h. diesem das mittlere Zeitintervall zwischen einem Maximum und dem folgenden Minimum (6.0 Jahre) hinzufügt, auf 1894,1 + 6,0 = 1900,1 also im Mittel noch etwas vor Mitte 1900, fallen müssen. Dass dies nicht zutrifft, steht ausser Frage und wird am besten durch die nachstehenden ausgeglichenen Relativzahlen, soweit sie zur Zeit sich berechnen lassen, bewiesen:

Jahr	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1900	10.7	10.5	10.6	10.6	10.4	9.9	9.1	8.2	7.6	6.8	5.9	5.4
1901	4.8	4.4	3.9	3.2	2.8	2.8						

Hiernach ist in der Abnahme der Zahlen erst gegen Mitte 1901 ein Stillstand eingetreten; es liegt somit eine Verspätung von mindestens einem Jahre gegenüber der normalen Epochenfolge vor. Dass anderseits die Minimumepoche nicht ausserhalb 1901, also nicht erst 1902 zu erwarten ist, scheint daraus hervorzugehen, dass die Flecke hoher Breite, als erste Anzeichen der neuen Thätigkeitsperiode, sich merklich zahlreicher als 1900 — 8 gegenüber 2 — eingestellt haben. Es ist also anzunehmen, dass mit dem Jahre 1901 auch die Minimumepoche überschritten wurde; ihre definitive Festsetzung wird jedoch vor Ablauf von 1902 nicht möglich sein.

Die Fleckenkurve zeigt 1901 einen äusserst wenig bewegten Verlauf. Drei kleinen Erhebungen am Anfange des Jahres, die je auf den Anfang der Rotationsperioden 540, 541 und 542 fallen, also derselben Rotationsphase entsprechen, folgt eine Periode gänzlicher Ruhe vom 11. März bis 18. Mai, also während vollen 68 Tagen. Die nächste, zugleich grösste Erhebung in der zweiten Hälfte des Mai ist durch die damals vorhandene, vom 19.—31. Mai sichtbare ziemlich grosse Fleckengruppe verursacht, und es folgt ihr in Rotation 546 eine nochmalige, der Rückkehr der gleichen Gruppe entsprechende, aber schon bedeutend verminderte Wiederholung; in Rot. 547 war die betreffende Stelle wieder fleckenleer. Es begann damit eine zweite lange Periode der Ruhe, die nur von einigen kleinen

sporadischen Flecken von kurzer Dauer unterbrochen wurde; die Mehrzahl von diesen gehörte aber bereits den hohen Breiten, also der neu beginnenden Thätigkeitsperiode an. Gegen Ende des Jahres traten nochmals einige etwas grössere Gruppen von mehrtägiger Dauer, namentlich ein Hoffleck in der zweiten Hälfte November auf, denen die 3 Erhebungen der Kurve in Rot. 550 und 551 entsprechen, und denen sodann von Ende November bis zum Jahresschlusse wieder eine gänzlich fleckenfreie Zeit folgte. Die fleckenbildende Thätigkeit der Sonne hat sonach im Jahre 1901 nur noch dreimal während je ungefähr 2 Monaten einen nennenswerten Grad erreicht, einmal im Februar und März, das zweite Mal im Mai und Juni, das dritte Mal im Oktober und November; diese 3 Thätigkeitsperioden sind durch Zeiträume getrennt, in denen die Thätigkeit entweder gänzlich erloschen war oder doch nur noch zu einigen sporadischen, minimen Fleckenbildungen führte, die zum Teil bereits als vorläufige Symptome der neu beginnenden 11-jährigen Thätigkeitsperiode zu betrachten sind.

Die geringe Zahl der Fleckengruppen lässt keine stark hervortretenden Anhäufungen an bestimmten Stellen erkennen; immerhin bemerkt man, dass die Flecken der Rotationen 540—542 alle auf demselben Gebiete entstanden sind, dass ferner in den Rotationen 545—548 zwei solche Gebiete in annähernder Diametralstellung vorhanden waren, und auch für die Rotationen 549—551 eine ähnliche Verteilung wenigstens angedeutet ist.“

Beobachtungen über die grosse Sonnenfleckengruppe 1901 Mai 19. bis Juni 26. hat P. A. Z. Cortis S. J. am New-York College Observatorium angestellt.[1]) Die grösste von der Gruppe eingenommene Fläche zeigte sich Mai 22. und betrug 0.00152 der sichtbaren Sonnenscheibe. Die Gruppe war dem blossen Auge sichtbar, ein seltener Fall zur Zeit eines Sonnenfleckminimums. Aus den Beobachtungen ergiebt sich, dass die gestörte Region der Sonnenkorona 1901 am 18. Mai dem Auftreten der Flecke entspricht. Der Aufbruch derselben geschah von einer Stelle der Sonne, welche schon zur Zeit einer Rotationsperiode früher gestört war. Eine Beziehung des Auftretens dieser Gruppe zu magnetischen Störungen fand nicht statt. Im Spektrum der Flecken zeigten sich gegen das rote Ende hin die meist verbreiteten Linien fein, sie gehörten meist dem Vanadium und Titanium an. Endlich kommt der Beobachter noch zu dem Schlusse, dass das Niveau der Flecken dem Niveau der höhern, mehr diffusen Gase entspricht, wie das Flashspektrum bei totalen Sonnenfinsternissen liefert.

Die Sonnenflecken und Fackeln nach den photographischen Aufnahmen zu Greenwich, Dehra Dûn (Indien) und auf Mau-

[1]) Monthly Notices 7. Mai 1902. 62. p. 516.

ritius. Die Sternwarte zu Greenwich veröffentlichte[1]) eine Zusammenstellung der Flächen, welche die Flecken, Gruppen und Fackeln auf der Sonne im Jahre 1901 bedeckten. Zunächst werden diese Flächen für jede Rotationsdauer der Sonne während des genannten Jahres mitgeteilt, wobei die Zahl der Rotationen von 1853 Nov. 9 ab gerechnet wird, als R. C. Carrington seine berühmten Sonnenbeobachtungen zu Redhill begann. Als erster Meridian ist derjenige angenommen, der 1854 Januar 1. mittags den aufsteigenden Knoten passierte, und als Rotationsdauer der Sonne ist der Wert von 25.38 Tagen angesetzt. Hiernach war der Anfang der Rotation No. 633 1901 Januar 20.98 mittlerer Zeit von Greenwich. Im folgenden wird die gleichfalls angegebene mittlere tägliche Fläche (in Millionstel der Sonnenoberfläche) mitgeteilt, welche die Flecken, Gruppen und Fackeln in den Jahren 1889—1901 umfassten, korrigiert für die Projektion:

Jahr	Zahl der Tage, an denen photogr. Aufnahmen gemacht wurden.	Mittlere tägliche Flächen der		
		Flecken	Gruppen	Fackeln
1889	360	13.1	78.0	131
1890	361	15.5	99.4	304
1891	363	86.2	569	1412
1892	362	186	1214	3270
1893	362	234	1464	2404
1894	364	231	1282	1877
1895	364	169	974	2278
1896	364	90	543	1410
1897	364	88	514	1149
1898	363	64	375	891
1899	364	18	111	337
1900	360	17	75	180
1901	359	8.6	29	29

Die folgende Tabelle giebt für die nämlichen Jahre die Fleckenverteilung mit Rücksicht auf nördliche und südliche Hemisphäre und die heliographische Breite. Die einzelnen Kolonnen bezeichnen: a das Jahr, b die Zahl der Tage, an denen die Sonne photographiert

[1]) Monthly Notices 1902. **62.** No. 5. p. 378.

wurde, c das mittlere tägliche Areal, d die mittlere heliographische Breite der Flecken, e die mittlere heliographische Breite des ganzen mit Flecken besetzten Gürtels der Sonne, f den mittlern Abstand aller Flecken vom Sonnenäquator.

		Flecken nördlich vom Sonnenäquator		Flecken südlich vom Sonnenäquator			
a	b	c	d	c	d	e	f
			°		°	°	°
1889	360	5.0	7.26	73.0	11.90	—10.68	11.61
1890	361	53.1	22.20	46.3	21.75	+ 1.73	21.99
1891	363	401	20.49	169	19.91	+ 8.52	20.31
1892	362	607	15.09	607	21.69	— 3.29	18.39
1893	360	517	14.91	941	14.26	— 3.93	14.49
1894	364	543	12.31	739	15.56	— 3.75	14.18
1895	364	565	14.26	409	12.54	+ 3.01	13.54
1896	364	203	13.60	340	14.77	— 4.15	14.33
1897	364	196	8.32	318	7.73	— 1.62	7.96
1898	363	110	9.82	266	10.77	— 4.75	10.49
1899	364	23	6.18	88	10.48	— 6.95	9.54
1900	360	26	6.61	49	8.34	— 3.12	7.74
1901	359	22	8.59	6.6	16.27	+ 2.82	10.37

Die Sonnenthätigkeit von 1833—1900 ist von William J. S. Lockyer studiert worden.[1] Folgendes giebt den hauptsächlichsten Inhalt dieser Abhandlung wieder.

Die genaue Untersuchung der Kurven, welche die verschiedene Grösse des durch Flecken bedeckten Teiles der Sonnenoberfläche darstellen, ergiebt, dass zwei aufeinanderfolgende Cyklen der Sonnenflecke weder in Bezug auf die Form, noch in Bezug auf die Grösse der bedeckten Fläche einander gleich sind. Die Individualität der Cyklen scheint bei fernerer Untersuchung aber nach einer bestimmten Zeit wiederzukehren, und diese Eigentümlichkeit, welche sich in gleicher Weise bei der Variation der magnetischen Elemente zeigt und auch bei verschiedenen andern terrestrischen Erscheinungen vermutet wird, gab die Veranlassung zu einer neuen Untersuchung, deren erste Resultate hier vorgelegt werden.

Prof. Rudolf Wolf[2]) in Zürich machte in einer frühern Untersuchung aufmerksam, dass die Häufigkeit der Sonnenflecken seit ihrer Entdeckung im Jahre 1610 sich fortwährend periodisch ändert; dass die mittlere Länge

[1]) Proceed. Royal Society 68. No. 446. Sirius 1902. Heft 6 u. 7.
[2]) Mem. R. Astron. Soc. 43. p. 200.

einer Periode 11 1/9 Jahre beträgt, und dass dieselbe Periode den Änderungen der magnetischen Variationen und selbst der Häufigkeit der Nordlichter entspricht. Er bemerkte vorsichtig, dass nur die mittlere Länge der Periode 11 1/9 Jahre beträgt, während die wirkliche Länge jeder Periode von diesem Werte bis zu einem Betrage von 2 Jahren abweichen kann.

Er bemerkte ferner, dass die Eintrittszeiten des Maximums nicht in einer festen Anzahl Jahren nach dem vorausgehenden Minimum eintrifft, und bestimmte die mittlere Dauer vom Minimum zum nachfolgenden Maximum zu 4.5 und von diesem wieder zum darauffolgenden Minimum zu 6.5 Jahren.

Auch war er anfangs der Ansicht, dass die ganze von Flecken bedeckte Fläche für jede Periode konstant sei, doch konnte er später[1]) diese Ansicht nicht aufrechterhalten, weil die Grösse der bedeckten Fläche sich nicht nur änderte, sondern »eine bestimmte Gesetzmässigkeit« zeigte. Die Länge der Periode dieser Variation bestimmte er zu ungefähr 178 Jahren; sie umfasst also sechzehn gewöhnliche Sonnenfleckenperioden zu 11.1 Jahren.

Später kam Prof. Wolf dazu, eine kürzere Periode von 55.5 Jahren anzunehmen, welche also fünf gewöhnliche Perioden zu 11 Jahren umfasst.

In einer kürzlich erschienenen Abhandlung hat Prof. Simon Newcomb[2]) die Resultate seiner Untersuchung über die Unregelmässigkeiten in den aufeinanderfolgenden Sonnenfleckenperioden mitgeteilt, wobei er Wolfs Zahlen bis Ende 1872 und die Fleckenflächen, wie sie nach den Greenwicher Sonnenphotographien sich ergaben, benutzt.

Er gelangte schliesslich zu folgendem Satze: »Die periodischen Änderungen der Sonnenfleckenthätigkeit sind überlagert von einem gleichförmigen Cyklus, welcher in der Zeit (innerhalb der gewöhnlichen Sonnenfleckenperioden) unverändert bleibt und nur das allgemeine Mittel der Sonnenthätigkeit beeinflusst.«

Indessen hat Prof. Newcomb nicht die Länge der Perioden für diesen Cyklus im Auge, sondern indem er über dessen Ursprung schreibt, macht er die Bemerkung: »Wir haben gegenwärtig keine Mittel, um zu entscheiden, ob die Ursache dieses Cyklus ausserhalb oder innerhalb der Sonne zu suchen ist, ob sie thatsächlich in der Natur eines Cyklus von Änderungen in der Sonne liegt.«

In den Untersuchungen über Perioden der Sonnenthätigkeit haben sich die meisten Forscher einfach auf die Zahlen von Wolf gestützt, die von ihm bis zum Jahre 1749 zurück, ermittelt worden sind. Indessen weiss man, dass diese Zahlen erst seit der Zeit, als systematische Beobachtungen der Sonnenfläche durch Schwabe (1833) begonnen wurden, mit den wirklichen Thatsachen genau übereinstimmen; vor dieser Zeit jedoch sind sie nicht auf Beobachtungen allein gestützt, sondern beruhen auf gewissen Annahmen,[3]) welche aus den Resultaten der Beobachtungen von 1833—1876 gewonnen wurden. Obwohl also Prof. Wolf eine Kurve lieferte, welche die von Flecken bedeckten Flächen seit dem Jahre 1749 darstellt, habe ich doch für die vorliegende Abhandlung die Diskussion nur auf jene Relativzahlen beschränkt, welche wirkliche systematische Beobachtungen seit 1833 zur Grundlage haben. Dadurch wurde die Untersuchung allerdings auf eine verhältnismässig kurze Zeit beschränkt, nämlich auf 66 Jahre (1833—1899), doch lag die Meinung zu Grunde, dass die Auffindung von Änderungen, wenn sie grösser wären als solche, welche als Beobachtungsfehler betrachtet werden könnten, nur auf richtige Beobachtungen gestützt werden müsste und nicht auf thatsächlich etwas unsichere Angaben.

---

[1]) Astron. Mitteil. 1876. p. 47 ff.

[2]) The Astro-Physical Journal 1901. 13. No. 1, p. 1.

[3]) Astron. Mitteil. von Rudolf Wolf, Zürich, 1876. p. 39 ff.

Die wichtigen Resultate, welche William Ellis[1]) aus einer Diskussion der magnetischen Beobachtungen von Greenwich ableitete, gaben mir sehr wertvolle Daten an die Hand bei der Forschung nach Änderungen, welche aus den Sonnenfleckenkurven sich möglicherweise ergeben könnten, denn Ellis hat gezeigt, dass die Kurven für die magnetischen Elemente in sehr genauer Übereinstimmung stehen mit jenen, welche Wolf für die Sonnenflecken erhalten hat.

Ellis bemerkt darüber: »Erwägt man, dass die Unregelmässigkeiten in der Länge der Sonnenfleckenperiode durchaus mit ähnlichen Unregelmässigkeiten der magnetischen Periode übereinstimmen, und dass auch die Erhebungen und Senkungen der Extreme der Sonnenfleckenkurve von ähnlichen Hebungen und Senkungen in den magnetischen Kurven begleitet sind, so dürfte es scheinen, dass die Voraussetzung, dieses sei nur ein zufälliges Zusammentreffen, kaum aufrecht erhalten werden kann, und man notwendig den Schluss ziehen muss, dass eine solche Übereinstimmung, sowohl der Dauer wie der Amplitude der Schwankungen, auf eine unmittelbare Beziehung zwischen den beiden Erscheinungen hinweist oder wenigstens auf das Vorhandensein einer gemeinsamen Ursache, welche beide hervorbringt. Das rasche Ansteigen vom Minimum zum Maximum und das mehr stufenweise Abfallen vom Maximum zum Minimum ist für alle 3 Kurven charakteristisch.«

Die benutzten Sonnenflecken- und magnetischen Epochen. Da diese Ahandlung hauptsächlich von den Eintrittszeiten der Maxima und Minima sowohl für die Sonnenflecken- wie für die magnetischen Kurven handelt, war es notwendig, die Resultate der ausgeglichenen Kurven zu benutzen, weil die Originalkurven sekundäre Schwankungen, insbesondere zur Zeit des Maximums, aufweisen.

Bis zum Sonnenfleckenmaximum von 1870.6 hat Dr. Wolf die Daten dieser Epochen publiziert;[2]) diese wurden hier benutzt. Die neueren Epochen sind durch Ellis[3]) zusammengestellt worden, und sie vervollständigen die brauchbaren Daten bis zur letzten Epoche, insbesondere geben sie das Maximum von 1894.0.

Die hier benutzten magnetischen Epochen sind jene, welche Ellis publiziert hat; sie sind in ähnlicher Weise aus ausgeglichenen Kurven abgeleitet, wie die der Sonnenfleckenkurven. Doch beginnen die Beobachtungen, welche er diskutiert, erst mit Anfang 1841, so dass ein Vergleich nur bis zu diesem Datum gemacht werden kann.

Die Sonnenfleckenkurven. Vom Minimum bis zum Maximum. In folgender Tabelle sind die Epochen der Maxima und Minima dargestellt:

	Sonnenfleckenepochen (Wolf)		Anzahl der Jahre
	Minimum	Maximum	Maximum—Minimum
1.	1833.9	1837.2	3.3
2.	43.5	48.1	4.6
3.	56.0	60.1	4.1
4.	67.2	70.6	3.4
5.	79.0	84.0	5.0
6.	90.2	94.0	3.8
			Mittel 4.03

Wenn die Zahlen der letzten Kolumne als Ordinaten und die Zeiten als Abscissen aufgetragen werden, so erhält man die Kurve der Veränderungen. Charakteristisch für diese Kurve ist das schnelle Aufsteigen zum Maximum im Jahre 1843 und das langsame Abfallen zum Minimum im

[1]) Proc. Roy. Soc. 63. p. 64.
[2]) Mem. Roy. Soc. 43. p. 202.
[3]) Proc. Roy. Soc. 63. p. 67.

Jahre 1867. Dem letztern folgt ein ähnliches rasches Ansteigen zum nächsten Maximum im Jahre 1879 und ein langsames Abfallen, soweit die gegenwärtigen Beobachtungen reichen. Die Kurve weist also darauf hin, dass irgend eine Ursache thätig sein muss, welche eine Säkularvariation veranlasst, indem die Sonnenfleckenmaxima in Bezug auf die vorausgehenden Minima verzögert werden.

Die Periode dieser Verzögerung lässt sich ermitteln, indem man das Intervall zwischen den Zeiten der Maxima oder Minima der Kurve dieser säkularen Variation nimmt. Zieht man die Minima in Rücksicht, d. h. die Zeit von 1833.9—1867.2, so hat man eine Periode von 33.3 Jahren, und wenn man die Maxima um 1843.5 und 1879.0 nimmt, so erhält man 35.5 Jahre. Das Mittel dieser 2 Werte giebt eine Periode von 34.4 Jahren.

Die magnetischen Kurven. Vom Minimum bis zum Maximum. Die von Ellis erhaltenen Werte für die magnetischen Epochen wurden in derselben Weise wie die Sonnenfleckenepochen untersucht. Bildet man wie oben die Tabelle Maximum-Minimum und setzt in der letzten Kolumne die Werte Maximum-Minimum der Sonnenfleckenkurve aus der vorausgehenden Tabelle zum Vergleiche, so ergiebt sich:

	Magnetische Epochen (Ellis)		Maximum-Minimum	
	Minimum	Maximum	Magnetische Kurven	Sonnenflecken
1.	—	—	—	3.3
2.	1843.66	1848.55	4.95	4.6
3.	56.15	60.40	4.25	4.1
4.	67.55	70.85	3.30	3.4
5.	78.85	83.90	5.05	5.0
6.	89.75	93.75	4.00	3.8

Der fast vollständige Parallelismus der Zahlen in den letzten zwei Kolumnen zeigt ihre genaue Übereinstimmung untereinander.

Der Wert für die Länge der Periode, der sich aus dem Intervall zwischen den beiden Maximis dieser Periode um 1843.60 und 1878.85 ergiebt, ist 35.25 Jahre, was nicht viel von dem Werte abweicht, welcher aus den Maximis der korrespondierenden Sonnenfleckenkurve abgeleitet wurde, nämlich 35.5 Jahre.

Die Sonnenflecken- und magnetischen Kurven vom Maximum bis zum Minimum. Stellt man die Werte der Intervalle vom Minimum bis zum Maximum aus den beiden Sonnenflecken- und magnetischen Kurven zusammen, so kann ihr Mittelwert gebildet werden, welcher in der letzten Kolumne der folgenden Tabelle gegeben ist, wo auch noch das Gesamtmittel für die ganze Periode unten beigefügt ist:

	Vom Minimum, welches eintraf um das Jahr	bis zum nächsten Maximum: Mittel der Sonnenflecken- und magnetischen Intervalle in Jahren
1.	1833	3.3
2.	43	4.77
3.	56	4.17
4.	67	3.35
5.	79	5.02
6.	90	3.90
		Mittel 4.08

Da diese Zahlen mehr als einen vollständigen Cyklus umfassen, so können sie so kombiniert werden, dass man Mittelwerte der Intervalle Minimum-Maximum für jene Epochen erhält, für welche die Intervalle ihre grössten, mittlern und kleinsten Werte haben. So folgten in den Jahren 1848 und 1879 die Maxima den Minimis in 4.77, bezw. 5.02 Jahren, das

mittlere Intervall ist also 4.89 Jahre. Für die Mittelstufe, durch Zusammenfassung von 3. und 6. ergiebt sich der Wert von 4.03 Jahren, während für das kleinste Intervall durch Zusammenfassung von 1. und 4. der Wert 3.32 Jahre resultiert.

Die wirkliche Epoche des Maximums in Bezug auf das vorausgehende Minimum schwankt um den Mittelwert, die grösste Amplitude der Schwankung beträgt im Mittel 0.8 Jahre.

Die totale Sonnenfleckenfläche. Vom Minimum zum Minimum. Der grosse Unterschied in der Grösse der von Sonnenflecken bedeckten Fläche während aufeinander folgender Perioden von 11 Jahren liess vermuten, dass dieperiodische Verzögerung der Maxima in Bezug auf das unmittelbar vorausgehende Minimum von Variationen begleitet sei, welche derselben Gesetzmässigkeit folgen würden. Man bemerkte, dass, wenn ein Maximum verhältnismässig früh nach einem Minimum auftrat, die Tendenz vorhanden war, dass die ganze von Sonnenflecken bedeckte Fläche für diese Sonnenfleckenperiode vergrössert wird.

Zu dieser Untersuchung konnte ich die Werte benützen, welche am »Solar Physics Observatory« aus einer neuen Reduktion der Kurven, welche die von Flecken bedeckte Sonnenoberfläche darstellen, erhalten wurden. Diese Werte sind in der letzten Kolumne der folgenden kleinen Tabelle wiedergegeben, und zwar geben sie die von Flecken bedeckte Fläche in millionsten Teilen der sichtbaren Sonnenhemisphäre von einem Minimum bis zum darauffolgenden:

Sonnenfleckenperiode		Ganze von Flecken bedeckte Fläche
vom Minimum	bis zum Minimum	
1833.9	1843.5	86003
43.5	56.0	85201
56.6	67.2	111514
67.2	79.0	126188
79.0	90.2	78353
90.2	1901.±	96734±

Die Zahlen der letzten Kolumne zeigen eine ähnliche, jedoch umgekehrte Reihenfolge wie jene der vorhergehenden Tabellen. So hat man vom Minimum 1867.2 bis zum folgenden Maximum 1870.6 ein kurzes Zeitintervall; die von Flecken bedeckte Fläche für diese Periode ist aber sehr gross. Werden obige Werte der letzten Kolumne graphisch dargestellt und die Kurve umgekehrt, so zeigt sich eine auffallende Ähnlichkeit mit den Kurven, von denen oben die Rede war. Besonders bemerkenswert ist das langsame Abfallen von 1843 bis zum Minimum im Jahre 1867.2 und das schnelle Ansteigen bis 1879.0.

Es muss bemerkt werden, dass der Wert für die Grösse der von Sonnenflecken bedeckten Fläche für die Periode 1833.9—1843.5, der zeitlich erste Wert, welcher in Betracht gezogen wurde, nicht ganz in Übereinstimmung ist mit den andern Werten. Es ist wahrscheinlich, dass, obwohl bei dieser Periode die Zeit des Maximums und Minimums genau bestimmt werden konnte, die Werte zu klein sind, weil die Beobachtungen von Schwabe in dieser Periode nicht ganz nach einem einheitlichen Plane angestellt worden sind.

Bezüglich des in der letzten Zeile der letzten Kolumne der Tabelle angegebenen Wertes ist zu bemerken, dass er zwar wahrscheinlich sehr nahe der Wirklichkeit liegt, jedoch ist es noch unmöglich, das Datum des gegenwärtigen Minimums genau festzustellen. Alle seit dem Minimum von 1890 bis zum Anfange des Jahres 1900 registrierten Sonnenflecken wurden zur Bestimmung desselben benutzt; doch ist dieser Wert nur wenig kleiner als der wirkliche, deshalb wurde das ± Zeichen beigefügt.

Wenn man diese beiden Umstände berücksichtigt, erkennt man, dass die umgekehrte Kurve für die ganze von Sonnenflecken bedeckte Fläche thatsächlich als genaues Gegenbild der andern 2 Kurven betrachtet werden kann.

Der vollständige Verlauf der magnetischen Kurven. Vom Minimum zum Minimum. Die auffallende Ähnlichkeit zwischen den magnetischen Kurven und der Sonnenfleckenkurve, besonders in den letzten Jahren, wo diese Beobachtungen natürlich genauer waren, liess es überflüssig erscheinen, die Variation in Bezug auf die ganze Ausdehnung der Kurven von einem Minimum zum folgenden zu untersuchen (wie bei der Ausbreitung der Sonnenflecken). Diese Variation erscheint mehr ausgesprochen bei der Kurve, welche die Horizontalintensität darstellt, als bei jener für die Deklination. Stellt man die Werte zusammen, welche für die Länge der Säkularperiode der untersuchten Variation gefunden wurden, so ergiebt sich die folgende Tabelle:

	Maximum zum Maximum Jahre	Minimum zum Minimum Jahre
Sonnenfleckenkurve	35.5	33.3
Magnetische Kurve	35.25	—
Totalfläche der Sonnenflecken als Periode .	35.5	—
Mittel	35.41	33.2
Gesamtmittel . .	34.89	

Die Thatsachen führen uns also zum Schlusse, dass die gewöhnliche Sonnenfleckenperiode von ungefähr 11 Jahren von einem Cyklus grösserer Länge, nämlich von ungefähr 35 Jahren, überlagert wird. Dieser Cyklus beeinflusst nicht nur die Eintrittszeit der Maxima in Bezug auf die vorausgehenden Minima, sondern bringt auch Änderungen der Totalfläche der Sonnenflecken von einer elfjährigen Periode zur andern hervor.

Änderung der Länge des Intervalls vom Minimum zu Minimum. Neben der verschiedenen Variation der Länge des Intervalls vom Minimum bis zum Maximum zeigen die Kurven eine weitere Variation, wenn man das Intervall vom Minimum zum Minimum betrachtet. Deshalb wurde der Versuch gemacht, eine Gesetzmässigkeit hierin zu entdecken, doch führte die Untersuchung zu einem negativen Resultate.

	Sonnenflecken		Magnetismus		Kombination	
Minimum, beginnend im Jahre	Minimum zum Minimum Jahre	Abweichg. vom Mittel Jahre	Minimum zum Minimum Jahre	Abweichg. vom Mittel Jahre	Minimum zum Minimum Jahre	Abweichg. vom Mittel Jahre
1833	9.6	—1.7	—	—	9.6	—1.7
43	12.5	+1.2	12.55	+1.0	12.52	+1.32
56	11.2	—0.1	11.40	—0.14	11.30	+0.10
67	11.8	+0.5	11,30	0.24	11.55	+0.35
79	11.2	—0.1	10.90	—0.64	11.05	—0.15
90						
Mittel	11.3	—	11.54	—	11.20	—

Es scheint also sowohl bei der magnetischen, wie bei der Sonnenfleckenperiode eine Variation der Länge vorhanden zu sein (wenn man von einem Minimum zum folgenden rechnet), welche in einer Vergrösserung und Verkleinerung des Mittelwertes in den abwechselnden elfjährigen Perioden besteht, doch erstrecken sich die Beobachtungen nicht über ein hinreichend grosses Zeitintervall, um einen sichern Schluss zu ermöglichen.

Beziehung zwischen der Sonnenfleckenkurve und der Lichtkurve von η Aquilae. Es wird meist angenommen, dass die Flecken an der Oberfläche der Sonne das Resultat grösserer Aktivität in der

Cirkulation der Sonnenatmosphäre sind, daher grössere Hitze und deshalb auch mehr Licht anzeigen. Wenn es sich thatsächlich so verhält, kann die Kurve, welche die von Flecken bedeckte Fläche darstellt, auch als eine Lichtkurve der Sonne angesehen werden.

Die Sonne darf also als ein veränderlicher Stern betrachtet werden, dessen Licht (von einem Minimum zum folgenden gerechnet) veränderlich ist und eine Periode von ungefähr 11.1 Jahren hat; das Maximum tritt nicht eine konstante Zahl von Jahren nach dem vorausgehenden Minimum ein, sondern die Eintrittszeit desselben ändert sich regelmässig, wobei der Cyklus dieser Variationen ungefähr 35 Jahre umfasst.

Es ist deshalb von Interesse, zu untersuchen, ob es Sterne giebt, welche ähnliche Variationen wie die oben angegebenen zeigen.

Im Jahre 1897 unternahm ich eine Bearbeitung aller Beobachtungen über den veränderlichen Stern η Aquilae,[1]) welche zwischen den Jahren 1840 und 1894 angestellt worden sind.

Für die gegenwärtige Untersuchung ist die Lichtkurve dieses Sternes von grossem Interesse, da die Haupteigentümlichkeiten derselben ähnlich denjenigen der Sonnenfleckenkurve sind.

Nicht nur das raschere Ansteigen zum Maximum und das langsame Abfallen zum Minimum sind ausgesprochene Eigentümlichkeiten der Kurve, sondern die Perioden ändern sich (vom Minimum ab gerechnet) etwas in ihrer Dauer während vieler mittlern Perioden. Noch wichtiger ist, dass die Eintrittszeit des Maximums in Bezug auf das vorausgehende Minimum verhältnismässig grosse Schwankungen im Verlaufe von einigen mittlern Perioden erleidet. Diese Eigentümlichkeiten der Sonnenfleckenkurve und der Lichtkurve von η Aquilae zeigt die nachstehende Zusammenstellung. In derselben sind die verschiedenen Zeitintervalle in Teilen und Vielfachen der Sonnenfleckenperiode (Q) und der von η Aquilae (P) in besondern Kolumnen wiedergegeben.

		Lichtkurve			
		der Sonne		von η Aquilae	
		Jahre			
Minimum zum Maximum	Mittlere Dauer . .	11.20	Q	$7^d 4^h 14.4^m$	P
	Periode der Variation	unbekannt	?	—	2400 P
	Variation des Maximums vom Mittel	$\pm >1.4$	$\pm >0.12$ Q	$\pm 8^h$	0.017 P
Minimum zum Maximum	Mittlere Dauer . .	4.12 (ungefähr)	0.37 Q	2.5^d	0.31 P
	Periode der Variation	34.8 „	3.10 Q	—	400 P
	Variation des Maximums vom Mittel	± 0.8	± 0.07 Q	$\pm 5^h$	± 0.03 P

Stellt man gegebene Variationen der Eintrittszeiten der Maxima und Minima graphisch dar, so fällt die regelmässige Variation der Eintrittszeit des Maximums gegenüber der Konstanz der Eintrittszeit des Minimums auf; ebenso ist das rasche Ansteigen der Kurven der verschiedenen Gruppen zum Maximum, sowie das langsame, stufenweise Abfallen zum Minimum sehr deutlich ausgeprägt.

Andere Cyklen von ungefähr 35 Jahren. Nachdem wir gefunden haben, dass ausser der bekannten elfjährigen Periode der Häufigkeit der Sonnenflecken noch ein anderer Cyklus vorhanden ist, welcher ungefähr 35 Jahre umfasst, und welcher, wie gezeigt, sowohl in der Änderung der

[1]) „Resultate aus den Beobachtungen des veränderlichen Sternes η Aquilae“, Inaugural-Dissertation, Universität Göttingen, 1897 (Dulau and Co., London).

Eintrittszeiten der Maxima wie in den Variationen der Fläche, welche in aufeinanderfolgenden Perioden von den Sonnenflecken- und magnetischen Kurven eingeschlossen wird, deutlich hervortritt, ist es natürlich, anzunehmen, dass diese langperiodische Variation die Wirkung eines Cyklus von Störungen in der Sonnenatmosphäre selbst ist. Ein solcher Cyklus müsste, bei genügender Intensität, eine Änderung der normalen Cirkulation der Erdatmosphäre hervorbringen und in allen meteorologischen und ähnlichen Phänomenen zum Vorscheine kommen. Es ist indessen nicht meine Absicht, in dieser Beziehung auf Details einzugehen, doch möge an die Arbeiten Prof. Eduard Brückners[1]) erinnert werden. Prof. Brückner beschränkte seine Untersuchung nicht auf Beobachtungen, welche auf einer kleinen Fläche oder nur während eines kurzen Zeitintervalles gemacht wurden, sondern benutzte möglichst ausgedehnte Beobachtungen aus fast jedem Teile der zivilisierten Welt. Auch beschränkte er die Diskussion der Beobachtungen nicht auf eine oder zwei meteorologische Erscheinungen, sondern untersuchte in kritischer Weise alle möglichen Beziehungen; so suchte er Variationen in den Wasserständen der Landseen und Flüsse, des Niederschlages, Luftdruckes und der Temperatur, der Bewegung der Gletscher, der Häufigkeit kalter Winter, die Erträgnisse der Weinkultur u. s. w. Die Untersuchung führte ihn zu dem Schlusse, dass auf der ganzen Erde eine periodische Variation der Klimate existiert, deren mittlere Periodenlänge 34.8 ± 0.7 Jahre beträgt.

Es ist wichtig zu bemerken, dass Prof. Brückner so sehr von der Existenz dieser Klimaschwankung überzeugt und so sicher war, dass solche Änderungen nur durch einen äussern Einfluss hervorgebracht sein können, dass er die Wolfschen Sonnenfleckzahlen einer Untersuchung unterzog, um zu sehen, ob ein solcher Cyklus in denselben ebenfalls zu finden sei.

Er kam aber zu dem Schlusse, dass die Klimaschwankungen unabhängig seien von der Häufigkeit der Sonnenflecken, und fasste das Resultat seiner Untersuchungen in folgenden Worten zusammen:[2])

„Die Klimaschwankungen vollziehen sich unabhängig von den Schwankungen der Sonnenfleckenhäufigkeit; eine 55jährige Periode der Witterung, wie sie der letztern entsprechen würde, ist in unsern Zusammenstellungen nicht zu erkennen."

Indessen stellte er die kühne Behauptung auf, dass eine derartige Variation doch thatsächlich in der Sonne vorhanden sein müsse, aber möglicherweise von den Sonnenflecken unabhängig sein könne. Er kam schliesslich zu der Überzeugung, dass die Klimaschwankungen das erste Anzeichen einer langperiodischen Veränderung auf der Sonne sei, welche wahrscheinlich später entdeckt würde. In Bezug auf vorliegende Abhandlung sind Prof. Brückners Ergebnisse von grösstem Interesse, weil nicht nur die Periodenlänge, sondern auch die kritischen Epochen seines Cyklus vollständig mit denjenigen übereinstimmen, welche in der vorliegenden Untersuchung der Sonnenflecken- und magnetischen Kurven gefunden wurden.

Eine graphische Vergleichung der meteorologischen Kurven mit jenen, welche die Sonnenflecken- und magnetischen Beobachtungen ergaben, zeigt, dass die langperiodische Kurve des Regenfalles in ihrem Maximum ist, oder dass wir einen Cyklus nasser Witterung haben, wenn der Eintritt des Maximums der von der Sonnenfläche bedeckten Fläche verhältnismässig spät nach dem vorangehenden Minimum folgt (1843, 1878), oder wenn die von Flecken bedeckte Fläche von einem Minimum bis zum nachfolgenden Minimum am geringsten ist.

Wenn anderseits das Maximum bald nach dem vorausgehenden Minimum (1867) folgt, und die von Flecken bedeckte Fläche für diesen Cyklus ihr

---

[1]) Geogr. Abhandlungen, Wien. 4. Heft 2, 1890. Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit.

[2]) Brückner, „Klimaschwankungen" p. 242.

Maximum hat, zeigt die Regenfallkurve ihr Minimum, oder es herrscht ein Cyklus trockener Witterung.

Beachtenswert ist auch, dass Prof. Ed. Richter in seiner eingehenden Untersuchung über die Gletscherbewegungen eine Periode von 35 Jahren findet. In seiner „Geschichte der Änderungen der Alpengletscher"[1]) fasst er seine Ergebnisse in folgende Worte zusammen: »Die Gletschervorstösse wiederholen sich in Perioden, deren Länge zwischen 20 und 45 Jahren schwankt und im Mittel der drei letzten Jahrhunderte genau 35 Jahre betrug.« Ferner hob er hervor, dass diese Veränderungen im allgemeinen mit Brückners Klimaschwankungen übereinstimmen, indem die Bewegung der Gletscher während der nassen und kalten Perioden beschleunigt wird.

Charles Egesons hat Untersuchungen über solare und terrestrische Meteorologie[2]) nur wenige Monate vor dem Erscheinen der Arbeit von Prof. Brückner publiziert. Er findet nicht nur eine Säkularperiode von ungefähr 33—34 Jahren bei mRegenfalle, den Gewittern und den westlichen Winden im Monate April für Sydney, sondern auch der Eintritt der Maxima der letzten beiden Erscheinungen stimmt gut mit den Epochen der 35jährigen Periode, welche in der vorliegenden Abhandlung für die Sonnenflecken abgeleitet wurden. So findet er, dass die jährliche Zahl der Tage mit Gewittern 1839 und 1873 ihre grössten Werte erreichte, die der Tage mit W-Winden im April in den Jahren 1837 und 1869. Da die Säkularvariation der Sonnenflecken in den Jahren 1837.2 und 1870.8 Maxima aufweist, so ist die Übereinstimmung gut. Es scheint kaum zweifelhaft, dass die meteorologischen Erscheinungen, die Zahl der Polarlichter und magnetischen Stürme während des Zeitintervalles, welches vorliegende Untersuchung umfasst, eine Säkularänderung in einer Periode von ungefähr 35 Jahren zeigen, deren Phasenzeiten mit jenen der Säkularvariation der Sonnenflecken übereinstimmen.

Da wir uns gegenwärtig einem Minimum der Sonnenflecken nähern, welches jenem von 1870.8 entsprechen sollte, so wird es von Interesse sein, darauf zu achten, ob alle solaren, meteorologischen und magnetischen Erscheinungen jener Periode sich wiederholen werden.

Schlussfolgerungen: 1. Es giebt eine abwechselnde Zunahme und Abnahme in der Länge der Sonnenfleckenperiode, von einem Minimum zum folgenden gerechnet.

2. Die Eintrittszeit des Maximums ändert sich regelmässig in Bezug auf das vorausgehende Minimum. Die Amplitude dieser Schwankung um den Mittelwert beträgt ungefähr ± 0.8 Jahre. Der Cyklus dieser Änderung beträgt ungefähr 35 Jahre.

3. Die Gesamtfläche der Sonnenflecken zwischen zwei aufeinander folgenden Minimis ändert sich regelmässig. Der Cyklus dieser Variation beträgt ungefähr 35 Jahre.

4. Kein Anzeichen einer 55jährigen Periode ist vorhanden, wie solche von Prof. Wolf angenommen wurde.

5. Die von Prof. Brückner angeführten Klimaschwankungen stehen im allgemeinen in Übereinstimmung mit der 35jährigen Periode.

6. Die Häufigkeit der Polarlichter und magnetischen Stürme seit 1833 enthält Anzeichen einer säkularen Periode von 35 Jahren.

Die Wolfschen Tafeln der Sonnenfleckenhäufigkeit. Vergleichungen, welche Prof. A. Wolfer zwischen mehrern der gedruckten Tabellen und den auf der Züricher Sternwarte aufbewahrten Manuskripten Wolfs bezüglich der Tafeln der Sonnenfleckenhäufigkeit angestellt

[1]) Zeit. d. Deutsch-Österr. Alpen-Vereines 1891. 12.
[2]) Egesons, »Weather-System of Sunspot Causality«. Sydney 1889.

hat, ergaben eine nicht geringe Zahl von Abweichungen (Druckfehlern). Dieses und der Umstand, dass das seit 1877 bekannt gewordene Material aus älterer Zeit, namentlich die Beobachtungsreihen von Kremsmünster 1802—1830, noch nicht für die definitiven Relativzahlen dieser Jahre verwertet waren, bestimmte Prof. Wolfer zu einer neuen berichtigten und bis zum Jahre 1901 fortgeführten Ausgabe der Wolfschen Tabellen, die nunmehr an Stelle der letzten tritt.[1]) Diese Tabellen sind drei an der Zahl. In Tafel I sind die beobachteten Relativzahlen enthalten, die in Klammern gegebenen Werte sind solche, die zum Teil auf Interpolation beruhen. Tafel II enthält die ausgeglichenen Relativzahlen nach folgender Methode: je zwölf zeitlich aufeinanderfolgende Monatsmittel der beobachteten Relativzahlen werden zu einem Mittel zusammengefasst und aus je zwei aufeinanderfolgenden dieser Gesamtmittel abermals das Mittel gezogen, welches dann für die Mitte des mittlern der dreizehn so vereinigten Monate gilt, z. B.

$$\frac{1}{12}(\mathrm{III}+\mathrm{IV}+\mathrm{V}+\mathrm{VI}+\mathrm{VII}+\mathrm{VIII}+\mathrm{IX}+\mathrm{X}+\mathrm{XI}+\mathrm{XII}+\mathrm{I}+\mathrm{II})=m_1$$

gültig für Anfang IX,

$$\frac{1}{12}(\mathrm{IV}+\mathrm{V}+\mathrm{VI}+\mathrm{VII}+\mathrm{VIII}+\mathrm{IX}+\mathrm{X}+\mathrm{XI}+\mathrm{XII}+\mathrm{I}+\mathrm{II}+\mathrm{III})=m_2$$

gültig für Anfang X,

$$\frac{1}{2}(m_1+m_2)\;.\;=m$$

gültig für Mitte IX.
u. s. w.

Diese Ausgleichung hat den Zweck, die kurzperiodischen Schwankungen des Fleckenphänomens, die innerhalb der elfjährigen Hauptperiode auftreten, zum Verschwinden zu bringen und den mittlern Verlauf allein hervortreten zu lassen; den Untersuchungen über säkuläre Schwankungen und Perioden höherer Ordnung des Phänomens wird man also mit Vorteil die Zahlen der Tabelle II zu Grunde legen.

Auf ihr beruht auch die Tafel III der Maximum- und Minimumepochen, welche somit die Wendepunkte des mittlern Verlaufes der Fleckenhäufigkeit giebt. Sie enthält gegenüber derjenigen, die Wolf 1882 publizierte, nur eine wirkliche Abänderung, nämlich die Verlegung des Maximums von 1804.2 auf 1805.2, die durch die Beobachtungen von Kremsmünster bewirkt worden ist; alle übrigen Abweichungen, durch welche die anderweitig publizierten Reproduktionen dieser Tafel von der hier gegebenen neuen sich unterscheiden, haben ihren Grund in Druckfehlern. Den einzelnen Epochen sind sodann Gewichte beigeschrieben, nach denen sich ihre Zuverlässigkeit und also ihre Brauchbarkeit für bestimmte Zwecke wird beurteilen lassen. Die Epochen seit den zwanziger Jahren des XIX. Jahrhunderts,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 193.

…eichnungen begann,
… täglichen Beobach-
…ht 10 erhalten; es
…on wenigen Monaten,
…denheit des mittlern
…durch die sekundären
… Für alle frühern
…enden Beobachtungs-
… ansteigen mag, sind
… die jenen jeweilen
… und verglichen und
…schätzt worden.
… und unter Berück-
… der Hauptperiode,
…ormalmaximums neu
… Wolf und Spörer [1]),
… modifizierter Form

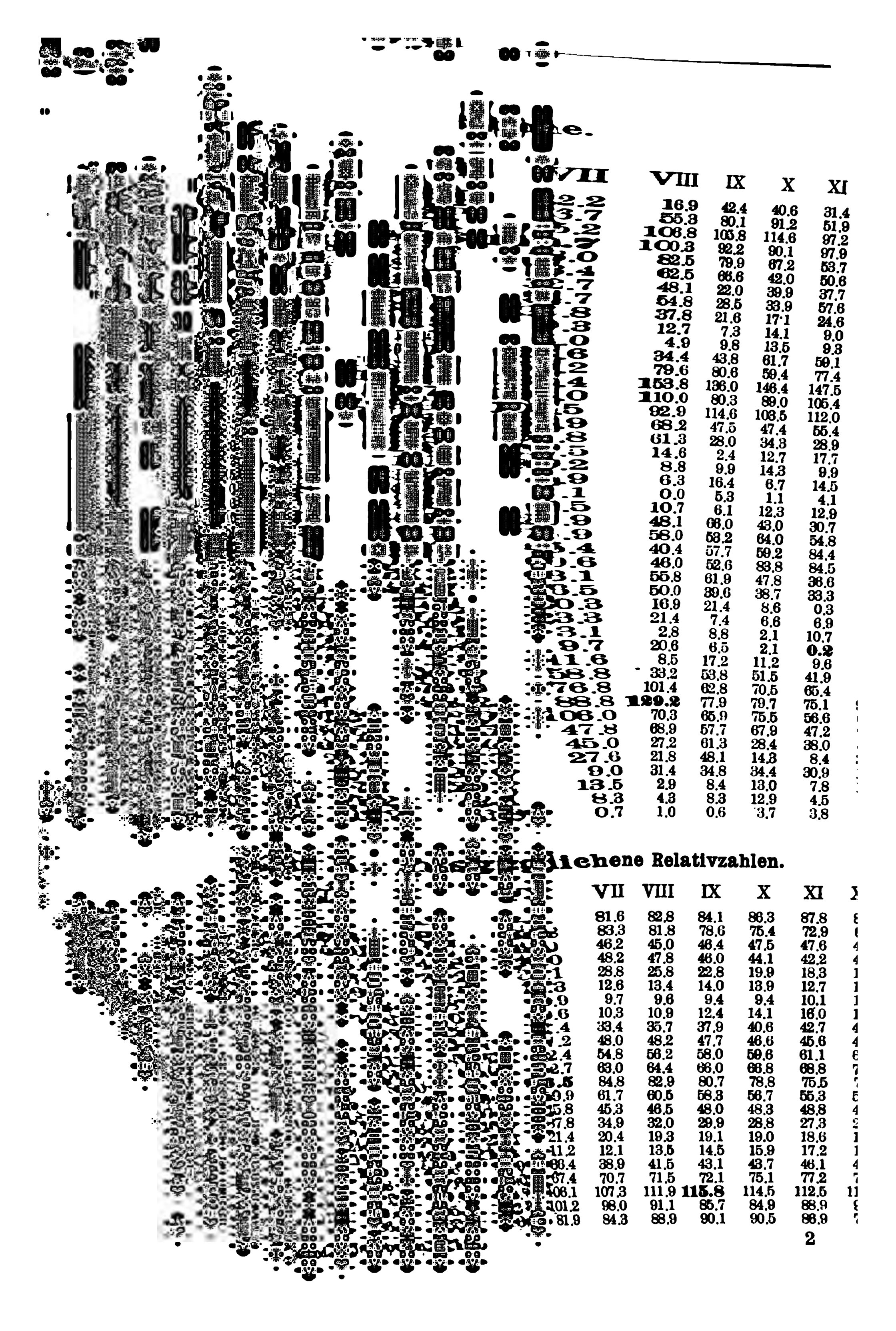
…ahlen.

X	XI	XII	Mittel
75.5	**158.6**	(85.2)	80.9
(65.7)	(63.3)	(75.4)	**83.4**
23.2	(28.5)	(44.0)	47.7
46.6	(37.6)	(40.0)	47.8
(25.0)	(20.0)	(6.7)	30.7
24.1	13.2	4.2	12.2
23.7	6.8	20.0	**9.6**
14.3	17.0	9.4	10.2
32.5	64.7	33.5	32.4
(37.7)	(43.0)	(43.0)	47.6
(59.7)	(46.3)	(57.0)	54.0
(50.6)	(59.7)	(61.0)	62.9
88.7	(89.7)	(46.0)	**85.9**
69.3	77.8	77.2	61.2
(46.3)	60.9	(61.4)	45.1
(28.0)	(26.0)	(25.7)	36.4
(14.0)	(14.0)	(13.0)	20.9
(5.0)	(5.7)	(19.2)	**11.4**
44.1	54.7	53.3	37.8
77.8	(90.6)	111.8	69.8
158.2	148.1	112.0	**106.1**
103.6	132.2	102.3	100.8
90.0	99.7	95.7	81.6
78.6	61.3	(64.0)	66.5
26.3	40.9	43.2	34.8
14.0	17.7	12.2	30.6
5.6	15.1	7.9	**7.0**
(30.0)	(35.0)	(40.0)	19.8
(106.5)	(146.0)	(157.3)	92.5
(156.3)	(150.3)	(105.0)	**154.4**
(124.0)	(114.0)	(110.0)	125.9
(77.0)	(60.0)	(58.7)	84.8
(27.3)	(67.0)	(35.2)	68.1
(23.2)	(31.5)	(30.0)	38.5

…81.

…ots«. Astrophys. Journ.

IX	X	XI	XII	Mittel
(18.0)	(8.0)	(15.0)	(10.5)	22.8
(10.0)	(8.0)	(17.0)	(14.0)	**10.8**
(32.0)	47.2	(40.2)	(27.3)	24.1
(111.5)	(112.3)	(116.0)	(112.7)	82.9
(157.3)	(157.0)	(141.5)	(**174.0**)	**132.0**
(141.0)	(142.0)	94.7	(129.5)	130.9
(112.0)	89.7	(134.0)	(135.5)	118.1
(77.3)	(84.3)	(82.0)	(74.0)	89.9
(66.5)	(61.7)	(67.0)	(66.0)	66.6
(59.0)	(59.0)	(57.0)	(56.0)	60.0
(24.0)	(47.0)	(44.0)	(45.7)	46.9
(11.1)	(28.5)	(67.4)	51.4	41.0
(13.5)	(19.5)	(25.0)	(18.0)	21.3
18.4	11.0	(8.4)	(5.1)	16.0
5.7	(6.9)	(5.8)	(3.0)	6.4
2.4	1.5	12.5	9.9	**4.1**
0.0	(4.6)	(2.7)	(8.6)	6.8
(11.5)	12.3	10.5	40.1	14.5
(33.5)	(32.6)	(39.8)	(48.2)	34.0
51.8	38.5	34.5	(50.0)	45.0
(45.3)	(54.3)	(51.0)	(48.0)	43.1
(53.0)	(**62.8**)	(61.0)	(60.0)	**47.5**
44.4	(29.4)	(41.0)	(38.3)	42.2
(24.0)	(27.0)	(25.0)	(24.0)	28.1
(5.7)	(8.0)	2.6	0.0	10.1
(11.7)	(4.7)	(10.5)	(12.3)	8.1
(0.4)	0.0	0.0	0.0	2.5
0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
2.4	6.1	0.8	1.1	1.4
(5.2)	3.9	(7.9)	(10.1)	5.0
15.3	(27.8)	(16.7)	(14.3)	12.2
(8.1)	(19.3)	(14.5)	20.1	13.9
(31.5)	(33.5)	(37.2)	(65.0)	35.4
47.8	56.4	38.1	29.9	**45.8**
36.7	25.6	28.9	28.4	41.1
26.1	31.7	10.9	25.8	30.4
14.9	27.5	25.1	30.6	23.9
5.2	9.0	7.9	9.7	15.7
4.4	18.8	4.4	0.0	6.6
0.0	0.4	0.0	0.0	4.0
0.0	0.0	0.0	20.4	**1.8**
20.5	25.2	0.0	0.8	8.5
15.7	15.6	11.7	22.0	16.6
18.9	50.6	39.5	68.1	36.3
49.6	57.2	48.2	46.1	49.7
50.4	34.7	57.0	46.9	62.5
52.8	57.2	67.6	56.5	67.0
62.1	84.4	81.2	82.1	**71.0**
37.9	46.2	43.5	28.9	47.8
8.2	21.1	14.3	27.5	27.5
11.6	7.5	5.9	9.9	8.5
11.5	24.8	30.5	34.5	13.2
100.8	95.2	100.0	77.5	56.9
95.1	137.4	120.9	**206.2**	121.5
96.3	123.7	107.0	129.8	**138.3**
73.6	90.8	77.4	79.8	103.2
132.7	90.8	68.8	63.6	85.8
74.0	49.8	54.3	53.7	63.2
35.1	28.5	19.8	38.8	36.8
18.5	38.1	40.5	17.6	24.2
4.2	5.3	19.1	12.7	**10.7**
6.9	21.5	10.7	21.6	15.0
29.6	40.7	39.4	59.7	40.1
107.1	55.9	60.4	65.5	61.5
161.2	**180.4**	138.9	109.6	98.5
100.3	132.4	114.6	159.9	**124.3**
93.7	71.5	99.7	97.0	95.9
86.2	71.0	54.8	60.0	66.5
67.9	62.5	50.9	71.4	64.5
37.5	67.3	54.3	45.4	54.2
33.5	42.3	28.8	23.4	39.0
22.4	12.7	28.2	21.4	20.6
0.0	9.7	4.2	3.1	6.7
4.4	4.5	7.7	7.2	**4.3**



VII	VIII	IX	X	XI
[illegible]	16.9	42.4	40.6	31.4
[illegible]	55.3	80.1	91.2	51.9
[illegible]	106.8	105.8	114.6	97.2
[illegible]	100.3	92.2	90.1	97.9
[illegible]	82.5	79.9	67.2	53.7
[illegible]	62.5	66.6	42.0	50.6
[illegible]	48.1	22.0	39.9	37.7
[illegible]	54.8	28.5	33.9	57.6
[illegible]	37.8	21.6	17.1	24.6
[illegible]	12.7	7.3	14.1	9.0
[illegible]	4.9	9.8	13.5	9.3
[illegible]	34.4	43.8	61.7	59.1
[illegible]	79.6	80.6	59.4	77.4
[illegible]	153.8	136.0	146.4	147.5
[illegible]	110.0	80.3	89.0	105.4
[illegible]	92.9	114.6	103.5	112.0
[illegible]	68.2	47.5	47.4	55.4
[illegible]	61.3	28.0	34.3	28.9
[illegible]	14.6	2.4	12.7	17.7
[illegible]	8.8	9.9	14.3	9.9
[illegible]	6.3	16.4	6.7	14.5
[illegible]	0.0	5.3	1.1	4.1
[illegible]	10.7	6.1	12.3	12.9
[illegible]	48.1	66.0	43.0	30.7
[illegible]	58.0	58.2	64.0	54.8
[illegible]	40.4	57.7	59.2	84.4
[illegible]	46.0	52.6	83.8	84.5
[illegible]	55.8	61.9	47.8	36.6
[illegible]	50.0	39.6	38.7	33.3
[illegible]	16.9	21.4	8.6	0.3
[illegible]	21.4	7.4	6.6	6.9
[illegible]	2.8	8.8	2.1	10.7
[illegible]	20.6	6.5	2.1	**0.2**
11.6	8.5	17.2	11.2	9.6
58.8	33.2	53.8	51.5	41.9
76.8	101.4	62.8	70.5	65.4
88.8	**129.2**	77.9	79.7	75.1
106.0	70.3	65.9	75.5	56.6
47.8	68.9	57.7	67.9	47.2
45.0	27.2	61.3	28.4	38.0
27.6	21.8	48.1	14.3	8.4
9.0	31.4	34.8	34.4	30.9
13.5	2.9	8.4	13.0	7.8
8.3	4.3	8.3	12.9	4.5
0.7	1.0	0.6	3.7	3.8

…ichene Relativzahlen.

VI	VII	VIII	IX	X	XI
[illegible]	81.6	82.8	84.1	86.3	87.8
[illegible]	83.3	81.8	78.6	75.4	72.9
[illegible]	46.2	45.0	46.4	47.5	47.6
[illegible]	48.2	47.8	46.0	44.1	42.2
[illegible]	28.8	25.8	22.8	19.9	18.3
[illegible]	12.6	13.4	14.0	13.9	12.7
[illegible]	9.7	9.6	9.4	9.4	10.1
[illegible]	10.3	10.9	12.4	14.1	16.0
[illegible]	33.4	35.7	37.9	40.6	42.7
[illegible]	48.0	48.2	47.7	46.6	45.6
[illegible]	54.8	56.2	58.0	59.6	61.1
[illegible]	63.0	64.4	66.0	66.8	68.8
[illegible]	84.8	82.9	80.7	78.8	75.5
[illegible]	61.7	60.5	58.3	56.7	55.3
[illegible]	45.3	46.5	48.0	48.3	48.8
[illegible]	34.9	32.0	29.9	28.8	27.3
21.4	20.4	19.3	19.1	19.0	18.6
11.2	12.1	13.5	14.5	15.9	17.2
36.4	38.9	41.5	43.1	43.7	46.1
67.4	70.7	71.5	72.1	75.1	77.2
106.1	107.3	111.9	**115.8**	114.5	112.5
101.2	98.0	91.1	85.7	84.9	88.9
81.9	84.3	88.9	90.1	90.5	86.9

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Mittel
1772	77.3	77.6	75.4	72.8	70.7	67.8	64.6	60.1	58.3	56.7	54.3	53.8	65.7
73	50.0	46.1	43.5	40.4	37.4	35.6	34.5	35.6	37.3	38.0	38.9	39.3	39.7
74	38.9	38.2	37.1	35.6	34.2	31.9	28.9	24.4	19.8	16.6	13.3	10.6	27.5
75	9.3	8.6	8.5	7.9	7.5	**7.2**	7.7	8.9	9.2	9.4	10.2	10.7	**8.8**
76	11.0	11.7	12.9	14.5	16.3	18.5	20.8	22.8	25.2	29.6	35.6	41.0	21.7
77	47.5	55.1	62.9	70.3	78.1	87.6	98.0	106.6	113.6	119.6	128.2	138.6	92.2
78	144.8	148.4	151.9	156.3	**158.5**	156.5	151.8	151.5	153.2	152.5	148.4	141.9	**151.3**
79	139.0	137.5	133.8	129.9	127.0	125.7	124.1	119.4	115.7	112.8	109.4	106.9	123.4
80	103.5	100.0	98.2	95.5	91.3	86.9	86.0	86.2	83.4	80.4	79.2	79.5	89.2
81	79.4	78.0	75.4	71.5	69.8	69.1	66.2	62.8	60.6	58.8	55.6	51.0	66.5
82	47.0	44.5	42.9	42.0	40.4	38.7	37.4	36.3	36.0	35.0	33.2	31.3	38.7
83	30.6	29.4	27.7	26.4	25.1	23.6	22.2	20.3	18.3	16.9	15.5	14.1	22.5
84	12.3	10.8	10.0	9.7	9.8	10.0	9.9	9.6	**9.5**	9.7	10.5	11.9	**10.8**
85	13.9	15.5	16.9	19.4	22.0	23.5	25.4	28.3	31.6	36.1	42.0	46.3	26.7
86	49.6	54.5	60.7	66.7	72.6	79.3	86.9	93.4	97.5	100.9	104.4	107.9	81.2
87	111.4	115.8	119.2	123.0	125.9	129.5	132.2	133.3	136.6	138.0	136.4	137.8	128.2
88	140.7	**141.2**	140.4	139.1	136.6	132.8	120.9	128.7	127.6	127.3	128.3	127.3	**133.3**
89	124.9	122.5	119.9	116.5	116.0	117.9	117.7	117.3	116.4	114.2	111.7	109.2	117.0
90	106.0	103.4	101.2	99.6	97.2	92.5	88.6	84.6	81.0	79.4	77.8	75.9	90.6
91	74.9	73.1	70.8	69.4	67.9	66.9	66.0	65.4	65.1	64.5	64.0	63.4	67.6
92	62.2	61.9	62.2	61.8	61.3	60.5	60.0	59.5	58.8	57.6	56.2	55.4	59.8
93	55.1	54.0	51.3	49.3	48.3	47.3	46.4	45.5	44.3	42.6	41.7	41.4	47.3
94	40.7	40.7	40.7	39.3	39.6	40.8	40.0	38.9	37.6	36.2	34.7	32.7	38.5
95	30.5	28.7	28.2	28.0	25.8	22.7	21.3	20.6	20.1	20.8	20.9	20.1	24.0
96	20.2	19.8	19.0	18.8	17.8	16.6	15.7	14.6	13.3	11.6	9.9	9.5	15.6
97	8.8	8.0	7.7	7.0	6.7	6.5	5.9	5.4	5.7	5.9	5.5	4.7	6.5
98	4.1	3.8	3.5	**3.2**	8.2	3.8	4.1	4.4	5.1	5.8	6.5	7.3	**4.6**
99	7.8	7.8	7.5	7.6	7.3	6.8	7.0	7.1	6.6	5.9	5.4	5.9	6.9
1800	7.2	8.8	10.1	10.9	11.5	13.2	15.3	17.0	18.5	20.4	22.8	24.3	15.0
01	25.2	26.6	28.3	30.0	32.1	33.7	34.9	36.5	37.7	38.6	39.6	40.7	33.7
02	41.8	42.8	44.1	45.1	45.1	45.0	45.1	45.4	45.1	43.9	43.2	42.8	44.1
03	42.4	41.7	40.8	41.2	42.5	43.1	42.9	42.6	43.2	45.1	45.7	45.2	43.0
04	44.3	44.0	44.6	45.3	46.1	47.0	48.1	48.6	48.6	48.2	47.9	48.3	**46.8**
05	48.9	**49.2**	48.8	47.1	44.9	43.1	41.3	39.8	38.4	37.2	36.3	35.2	42.5
06	34.2	33.2	31.7	30.7	30.0	28.7	27.0	25.1	23.0	22.3	21.5	20.2	27.3
07	18.9	17.6	16.3	14.7	13.0	11.1	9.6	8.7	8.0	7.1	6.8	7.0	11.6
08	6.8	6.4	6.5	6.6	6.8	7.6	8.4	8.9	9.2	8.8	7.9	7.2	7.6
09	6.7	6.1	5.3	4.6	4.0	3.0	2.2	1.6	1.1	1.0	0.8	0.4	3.1
10	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.3	0.6	0.7	1.0	1.3	1.4	1.9	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7	1.7
12	2.5	2.9	3.7	3.7	3.9	4.6	4.5	4.4	4.8	5.5	6.4	7.0	4.5
13	8.1	8.6	8.7	10.1	11.5	12.0	13.1	14.1	14.3	14.8	15.1	15.3	12.1
14	15.4	15.2	14.6	14.0	13.5	13.7	13.8	14.5	16.2	17.4	17.9	19.8	15.5
15	22.2	24.8	27.6	29.2	30.7	33.5	35.7	37.5	41.0	44.1	46.7	47.6	35.1
16	47.3	48.4	46.1	47.7	**48.7**	47.3	46.2	46.2	46.7	46.3	44.0	42.8	**46.1**
17	43.2	44.5	45.0	43.2	41.6	41.1	41.0	39.5	35.2	32.8	34.4	35.6	39.8
18	34.6	33.1	32.1	31.9	31.4	30.5	30.3	30.1	29.0	27.3	25.3	23.9	30.0
19	24.0	23.9	23.2	22.5	23.0	23.7	23.4	23.1	23.4	23.4	23.7	23.1	23.4
20	21.7	21.2	20.8	19.6	18.1	16.5	15.8	14.9	14.1	13.7	12.1	10.6	16.6
21	9.5	7.8	6.9	7.3	7.5	7.0	5.7	4.7	5.0	5.6	5.7	5.9	6.6
22	6.3	6.4	6.1	5.1	4.2	4.0	4.0	4.0	3.3	2.1	1.4	1.2	4.0
23	0.6	0.2	0.1	**0.1**	0.1	0.9	2.7	4.0	4.5	5.3	6.2	6.3	**2.6**
24	6.3	6.3	7.2	9.1	10.2	9.4	7.9	7.4	8.5	8.8	8.6	9.8	8.3
25	11.7	14.0	14.8	14.2	14.3	15.7	17.1	17.7	18.4	19.9	21.4	23.0	16.9
26	24.9	26.3	27.1	28.7	31.3	34.4	37.0	38.9	41.0	42.8	44.7	46.5	35.3
27	46.9	47.1	49.0	50.5	51.2	50.6	50.5	51.9	52.9	53.9	55.9	59.0	51.6
28	61.2	62.6	63.6	62.6	62.1	62.5	62.1	61.1	60.7	62.5	63.0	61.1	62.1
29	61.6	63.2	63.4	64.4	65.8	66.6	67.4	68.7	70.2	71.2	**71.7**	71.3	67.1
30	68.9	65.8	65.1	66.6	68.3	69.9	70.8	69.7	69.1	67.3	63.9	61.4	**67.2**
31	60.2	60.4	59.6	57.0	53.8	50.0	47.1	46.7	45.3	42.5	41.5	41.4	50.5
32	39.8	36.6	33.4	31.1	28.9	27.6	26.7	24.2	20.7	17.9	15.7	13.5	26.3
33	12.1	11.7	11.7	11.3	10.3	9.3	8.3	8.1	7.9	7.5	**7.3**	7.4	**9.4**
34	7.8	7.8	7.7	8.4	10.2	12.2	13.4	13.7	14.7	17.8	21.8	24.3	13.3
35	27.5	31.9	37.9	44.6	50.4	55.1	60.2	67.1	73.8	80.5	86.7	93.3	59.1
36	99.5	103.9	105.7	107.2	109.9	116.1	125.6	132.6	136.9	138.2	138.0	139.4	121.1
37	142.7	145.8	**146.9**	146.4	145.2	141.5	136.5	130.9	127.4	127.2	127.8	126.2	**137.0**
38	121.3	116.7	113.5	111.2	108.6	105.2	101.6	100.8	98.9	93.6	87.4	82.2	103.4
39	79.6	80.8	85.4	87.9	87.5	86.5	84.7	83.0	81.5	80.7	81.5	81.9	83.4
40	80.7	76.6	71.1	66.9	64.6	63.6	60.8	56.0	52.5	50.5	49.4	49.7	61.9
41	48.7	46.7	44.3	41.8	39.5	37.4	36.7	36.2	35.5	34.5	32.1	28.9	38.5
42	26.6	25.4	24.1	23.8	25.1	25.1	23.9	22.8	21.5	20.2	19.3	18.7	23.0
43	18.1	17.4	16.2	14.2	12.0	10.9	**10.5**	10.8	11.5	12.2	12.3	11.7	**13.2**
44	11.9	12.9	13.5	14.3	14.6	14.6	15.7	17.6	20.0	22.7	25.7	28.4	17.7
45	29.9	30.7	31.9	33.7	35.7	38.5	40.6	41.5	42.6	44.0	45.0	46.9	38.4

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Mittel
1846	49.0	50.6	54.8	58.6	60.1	61.3	62.5	63.2	63.9	63.8	63.4	64.9	59.7
47	66.0	69.8	75.6	83.1	91.5	96.6	102.5	109.3	113.0	116.6	120.3	128.0	97.3
48	128.3	**131.6**	128.7	124.2	121.1	122.2	124.2	124.9	125.3	124.6	123.5	120.8	**125.0**
49	116.5	110.9	107.7	104.9	101.7	98.5	92.6	87.5	85.2	82.2	79.0	77.7	95.4
50	75.6	74.0	73.7	73.4	71.5	68.1	66.4	67.0	66.9	66.7	67.2	67.0	69.8
51	68.6	66.3	65.4	64.2	63.7	64.0	64.2	62.3	60.6	60.8	60.9	59.9	63.2
52	59.5	59.0	57.0	55.9	56.2	55.3	53.1	50.9	48.9	47.2	45.6	44.5	52.8
53	44.3	45.0	45.2	44.0	41.9	39.9	38.0	35.9	34.3	32.7	31.3	30.1	38.6
54	28.2	25.6	23.7	22.0	20.8	20.7	20.4	20.0	19.5	18.4	16.9	15.6	21.0
55	14.2	12.9	11.4	10.4	9.2	7.5	6.2	5.4	4.5	3.8	3.6	**3.2**	7.7
56	3.3	3.6	3.9	3.9	3.8	4.1	4.9	5.5	5.8	6.2	7.6	9.3	**5.2**
57	10.5	11.7	13.7	16.8	19.3	21.5	23.8	26.0	29.4	32.7	34.3	36.0	23.0
58	38.6	41.7	44.8	48.5	51.5	53.6	56.7	60.7	64.3	67.6	71.7	75.5	56.3
59	78.9	82.6	85.9	87.9	90.8	93.2	93.7	93.7	94.0	93.8	93.9	95.4	90.3
60	97.2	**97.9**	97.0	95.4	94.4	95.1	94.9	93.7	93.3	94.5	93.6	90.6	**94.8**
61	88.1	85.8	84.5	83.1	80.3	77.8	77.2	76.7	73.7	69.5	67.9	68.1	77.7
62	67.7	66.7	65.3	63.7	62.5	60.8	58.5	57.6	58.2	58.6	57.6	55.4	61.1
63	51.9	49.6	47.1	45.2	44.5	44.0	44.4	44.4	44.0	43.8	43.0	43.2	45.4
64	44.8	46.0	46.6	46.6	47.2	47.5	46.6	45.9	44.4	43.1	42.5	41.3	45.2
65	39.1	37.2	36.2	35.2	33.2	31.1	29.8	29.0	28.4	27.2	25.9	24.2	31.4
66	22.8	21.0	19.4	18.7	17.9	16.8	15.0	12.1	9.9	8.7	7.8	6.7	14.7
67	5.9	5.4	**5.2**	5.3	5.3	6.3	7.9	9.2	10.5	12.6	14.9	17.1	**8.8**
68	19.3	21.5	24.2	27.6	31.7	35.5	39.2	42.9	45.8	47.1	50.5	56.9	36.9
69	61.4	64.6	68.0	69.4	70.1	72.4	74.6	77.6	84.8	93.8	101.7	105.8	78.6
70	110.0	116.2	121.6	127.5	134.0	138.0	139.6	**140.5**	140.2	139.6	138.5	135.4	**131.8**
71	132.3	129.3	125.1	120.4	116.3	112.9	110.8	110.8	107.8	103.0	98.9	98.0	113.8
72	98.9	98.3	99.0	101.0	101.9	101.9	102.0	101.7	101.6	100.9	97.4	92.2	99.7
73	87.8	85.2	81.4	76.2	71.5	67.7	65.2	62.4	58.4	54.4	52.4	52.0	67.9
74	51.8	51.5	50.4	49.1	47.4	45.5	42.7	39.1	36.8	36.1	34.6	32.7	43.1
75	29.8	25.5	22.5	20.5	19.2	17.9	17.1	16.8	16.3	15.1	13.7	12.5	18.9
76	11.7	11.6	11.7	12.0	11.8	11.4	11.7	11.9	10.8	10.6	11.8	13.0	11.7
77	13.1	12.6	12.7	12.7	12.6	12.5	11.4	10.4	10.1	9.3	8.0	7.1	11.0
78	6.6	6.0	5.3	4.6	4.0	3.5	3.3	3.9	2.4	2.3	2.4	**2.2**	**3.9**
79	2.5	3.2	3.7	4.2	5.0	5.7	6.9	9.0	10.9	12.3	13.7	15.8	7.7
80	17.7	19.8	23.9	27.6	29.7	31.3	32.8	34.4	36.8	39.5	41.6	43.6	31.6
81	47.0	49.7	49.6	49.9	51.8	53.5	54.6	55.6	57.0	59.5	62.2	62.4	54.8
82	60.4	58.4	57.9	57.8	58.9	59.9	60.3	60.0	58.1	56.5	54.6	54.5	58.1
83	57.3	59.0	59.0	59.8	60.9	62.3	65.0	67.9	71.4	73.0	74.2	**74.6**	**65.4**
84	72.4	71.7	72.4	71.3	67.8	64.6	61.4	58.8	56.6	54.2	53.6	55.2	63.3
85	57.1	57.4	56.2	54.9	54.4	53.2	51.6	49.2	47.6	47.4	45.2	41.1	51.3
86	37.2	34.3	32.2	30.2	27.5	25.8	24.6	23.2	20.5	16.7	14.7	13.8	25.1
87	13.1	13.0	12.6	11.9	12.1	12.7	13.2	13.0	12.9	13.0	12.4	11.5	12.6
88	10.3	8.6	7.9	7.8	7.8	7.3	6.3	5.8	5.8	5.8	5.6	**5.3**	7.0
89	5.6	6.6	7.2	7.1	6.7	6.3	6.5	6.3	5.9	5.7	5.7	5.6	**6.3**
90	5.5	5.0	5.0	5.8	6.6	7.0	7.4	8.6	9.8	10.8	13.1	16.5	8.4
91	20.5	23.5	26.0	29.2	32.2	34.6	37.9	42.5	46.8	50.0	53.7	56.5	37.7
92	58.4	62.0	65.2	66.4	68.1	71.0	73.2	73.4	73.9	75.3	76.3	77.0	70.0
93	78.0	79.7	81.5	82.5	83.3	84.3	85.3	86.1	86.0	85.2	85.6	86.7	**83.7**
94	**87.9**	86.2	83.2	82.5	81.6	79.4	77.2	75.6	75.3	75.4	73.8	71.3	79.1
95	67.7	65.2	64.8	64.2	63.5	63.5	62.5	60.7	59.9	58.2	55.1	52.5	61.5
96	51.5	49.6	48.0	46.5	44.5	43.0	42.3	41.6	39.5	38.0	37.1	35.2	43.1
97	32.9	32.0	31.2	30.1	28.3	26.6	25.8	25.7	26.3	26.0	25.6	26.3	28.1
98	28.0	25.6	25.4	25.7	27.5	27.6	26.3	24.7	22.7	21.9	21.1	20.3	24.6
99	20.4	19.4	17.1	15.1	13.2	12.2	11.7	11.5	11.2	10.9	11.3	11.3	13.8
1900	10.7	10.5	10.6	10.6	10.4	9.9	9.1	8.2	7.6	6.8	5.9	5.4	8.8
1901	4.8	4.4	3.9	3.2	2.8	2.8	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle III. Epochen der Sonnenfleckenmaxima und -minima.

Minima	Gewicht	Maxima	Gewicht	Minima	Gewicht	Maxima	Gewicht
1610.8	5	1615.5	2	1755.2	9	1761.5	7
1619.0	1	1626.0	5	1766.5	5	1769.7	8
1634.0	2	1639.5	2	1775.5	7	1778.4	5
1645.0	5	1649.0	1	1787.7	4	1788.1	4
1655.0	1	1660.0	1	1798.3	9	1805.2	5
1666.0	2	1675.0	2	1810.6	8	1816.4	8
1679.5	2	1685.0	2	1823.3	10	1829.9	10
1689.5	2	1693.0	1	1833.9	10	1837.2	10
1698.0	1	1705.5	4	1843.5	10	1848.1	10
1712.0	3	1718.2	6	1856.0	10	1860.1	10
1723.5	2	1727.5	4	1867.2	10	1870.6	10
1734.0	2	1738.7	2	1878.9	10	1883.9	10
1745.0	2	1750.3	7	1889.6	10	1894.1	10

Normalepoche des	Minimums		$1744^{a}.21 \pm 0.30$,
»	»	Maximums	$1749^{a}.37 \pm 0.43$.

Periodenlänge aus den	Minima	=	$11^{a}.141 \pm 0^{a}.036$,	Gewicht 2,
» » »	Maxima	=	11.091 ± 0.053,	» 1,
» im Mittel		=	11.124 ± 0.030.	

Mittleres Intervall vom Minimum zum Maximum	=	$5^{a}.16$,
» » » Maximum zum Minimum	=	5.96.

Die Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes. Die Gesetze der gekrümmten Strahlen waren, namentlich durch das Studium der Brechung in der Erdatmosphäre, schon längst bekannt; den ersten wichtigen Versuch aber, den Einfluss zu untersuchen, den die Strahlenbrechung in der Sonne selbst auf den Lauf der Strahlen, die unser Auge erreichen, also auf das von uns empfangene optische Bild, ausgeübt haben muss, verdanken wir Prof. A. Schmidt. Dessen bemerkenswerte Abhandlung: »Die Strahlenbrechung auf der Sonne, ein geometrischer Beitrag zur Sonnenphysik«,[1] hat jedoch die gebührende Beachtung bis jetzt kaum gefunden, was vielleicht darin begründet sein dürfte, dass die Schmidtsche Theorie einerseits den herrschenden Anschauungen über Gestalt und Natur des Sonnenkörpers kühn entgegentritt, anderseits aber gerade von denjenigen speziellern Sonnenphänomenen, welche die Aufmerksamkeit der Beobachter immer am meisten in Anspruch genommen haben, eine genügende Erklärung nicht giebt.

Bekanntlich hat Schmidt dargelegt, dass die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe eine optische Täuschung sein kann. Wäre die Sonne eine unbegrenzte leuchtende Gasmasse von nach aussen hin stetig abnehmender Dichte, so würde nach dem einfachen Gesetze der regelmässigen Strahlenbrechung einem entfernten Beobachter ein Bild erscheinen, wie es uns die Sonne thatsächlich zeigt: ein heller, scharf begrenzter Kern, von einer schwach leuchtenden Hülle umgeben. Gegen die Behauptung Schmidts, die Sonne sei nun in der That ein unbegrenzter Himmelskörper, lässt sich also nicht einwenden, dass man doch deutlich eine begrenzte Photosphäre sieht.

Wenn es aber keine Photosphäre gäbe, so wäre den herrschenden Vorstellungen über das Wesen der Fackeln, der Flecken, der Protuberanzen zugleich die Grundlage genommen. Man muss also von der Schmidtschen Theorie fordern, dass sie auch diese vielbekannten verwickelten Erscheinungen auf einfache und plausible Weise in ihr Schema hineinpasse. Der darauf gerichtete Versuch bildet nun die schwächere Seite der oben angeführten Abhandlung,

---

[1]) Stuttgart, J. B. Metzlerscher Verlag. 1891.

und dieser Lücke wird es wohl hauptsächlich zugeschrieben werden müssen, dass der von Schmidt hervorgehobene grosse Einfluss der Strahlenbrechung auf den Anblick des Sonnenkörpers nicht sofort allgemein anerkannt wurde.

Ohne sich auf die Schmidtsche Ansicht, betreffend das Zustandekommen des Sonnenrandes, zu stützen, zeigt nun Prof. W. H. Julius, dass die meisten Eigentümlichkeiten des Protuberanzen- und des Chromosphärenlichtes sich in ganz ungezwungener Weise als Folgen der Strahlenbrechung deuten lassen, wenn man die Gesetze der anomalen Dispersion in Betracht zieht. Indem er nachher diese Gesetze mit der Schmidtschen Theorie in Verbindung bringt, gelangt er auch hinsichtlich vieler Fleckenphänomene und anderer Erscheinungen innerhalb des scheinbaren Sonnenrandes auf Erklärungen, die sich durch Einfachheit des Zusammenhanges empfehlen.

Im Anschlusse und durch weitere Ausführung eines von Becquerel zuerst angestellten Versuches gelang es Prof. Julius, beim glühenden Natrium zu zeigen, dass das Absorptionsspektrum eines Dampfes breite dunkle Bänder enthält, welche nicht als Absorptionsbänder zu betrachten sind, sondern dadurch entstehen, dass Strahlenarten viel weiter als die übrigen von dem geraden Wege abgelenkt wurden. Daraus geht hervor: Wenn Licht, von einer Quelle mit kontinuierlichem Spektrum herrührend, einen Raum durchsetzt, in dem Natriumdampf ungleichmässig verteilt ist, so werden die Strahlen in der Umgebung der D-Linien in weit stärkerem Masse als alle übrigen ihre Richtung ändern. Vor allem bezieht sich das auf solche Lichtarten, deren Wellenlänge denjenigen von D_1 und D_2 so nahe ist, dass dieselben von dem Natriumlichte kaum zu unterscheiden sind. Dem schwach leuchtenden, vom weissen Lichte einer starken Quelle durchstrahlten Natriumdampf kann also in schiefer Richtung (d. h. unter einem gewissen Winkel mit der Richtung der einfallenden Strahlen) ein ziemlich intensives Licht zu entspringen scheinen, das dem Natriumlicht täuschend ähnlich ist und dennoch in einer fremden Quelle seinen Ursprung hat. Untersucht man das Licht, das den mit Natriumdampf erfüllten Raum nahezu geradlinig durchsetzt, spektroskopisch, so kann der Fall eintreten, dass die Absorptionslinien stark verbreitert erscheinen infolge des Umstandes, dass das dahin gehörige Licht zum grössten Teile seitwärts abgelenkt wird und also den Spalt des Spektroskops nicht erreicht.

Prof. Julius wendet die erste dieser Folgerungen auf Erscheinungen in der Umgebung der Sonnenscheibe, die zweite auf Eigentümlichkeiten der Fleckenphänomene an und zeigt weiter, dass die Chromosphärenlinien thatsächlich die aus den Gesetzen der anomalen Dispersion folgende Gestalt besitzen. Die Linien sitzen gewöhnlich breit auf und laufen pfeilförmig zu. Namentlich bei den Wasserstofflinien im Chromosphärenspektrum fällt diese charakteristische Gestalt gleich auf. »Es

liegt kein Grund vor, den Betrachtungen anlässlich des Natriumdampfes jede Gültigkeit in Bezug auf andere Gase und Dämpfe abzusprechen. Für einige wurde die anomale Dispersion schon dargethan[1]) für andere gelang dies noch nicht; die Dispersionstheorien aber deuten auf das Vorkommen derselben in höherem oder geringerem Masse bei allen Substanzen hin.

Die eigentümliche Gestalt der Chromosphärenlinien lässt sich freilich auch, wie es gewöhnlich geschieht, erklären aus der Annahme, dass sich in der Chromosphäre intensiv strahlende Gase und Metalldämpfe befinden, deren Dichte nahe an der Photosphäre sehr bedeutend ist und nach aussen hin schnell abnimmt. Das beobachtete Licht würde nach dieser Anschauung ausschliesslich von den leuchtenden Dämpfen herrühren.«

Das neue Erklärungsprinzip des Chromosphärenlichtes schliesst die Annahme, dasselbe entspringe thatsächlich teilweise der Eigenstrahlung glühender Gase, keinesfalls aus; Verfasser behauptet nur, dass es sich in den meisten Fällen als abgelenktes Photosphärenlicht auffassen lässt, und man also eine intensive Eigenstrahlung nicht anzunehmen braucht. Eine nähere Zusammenstellung der verschiedenen Sonnenphänomene muss entscheiden, welche Erklärung uns das beste Gesamtbild gewährt.

Öfters erscheinen die Chromosphärenlinien in sonderbarer Gestalt, mit Verdickungen, Ästen, Büscheln, abgelösten Teilen u. s. w. Bis jetzt hat man dies nur nach dem Dopplerschen Prinzip erklärt, also durch die Vorausetzung, die strahlenden Gase näherten oder entfernten sich mit ungeheuren Schnelligkeiten, bis über 200 *km* in der Sekunde. Wie von den Astronomen allgemein anerkannt wird, stösst man mit dieser Erklärung indessen auf viele und grosse Schwierigkeiten, auf die wir hier nicht näher einzugehen brauchen.

Neben dem Dopplerschen Prinzip können wir jetzt, sagt Prof. Julius, in dem der anomalen Dispersion ein anderes anführen, das gleichfalls einem Gase die Fähigkeit beilegt, uns unter gewissen Umständen Licht zugehen zu lassen, das von den für diesen Stoff charakteristischen Strahlenarten in der Wellenlänge abweicht.

In einiger Entfernung über dem Sonnenrande befinde sich z. B. Wasserstoff von an verschiedenen Stellen sehr ungleicher Dichtigkeit. Derselbe wird alsdann nicht bloss sein eigenes Licht ausstrahlen, sondern auch stellenweise Photosphärenlicht von benachbarten Wellenlängen nach der Erde hinbiegen. Im Spektrum zeigt sich dies selbstverständlich als Auswüchse oder Verzweigungen der Wasserstofflinien oder als isolierte Lichtflecken in deren Nähe. Diese Erscheinungen wird man insonderheit erwarten können, wenn der Spalt auf Protuberanzen, wo heftige Bewegungen stattfinden und also auch wohl bedeutende Dichtigkeitsdifferenzen vorkommen, eingestellt worden ist.

---

[1]) Winkelmann, Wied. Ann. 32. 439.

Obgleich nun diese neue Erklärung dieser Unregelmässigkeiten im Spektrum gleichfalls auf der Voraussetzung beruht, dass mit demselben heftige Bewegungen in der Sonnenatmosphäre verbunden seien, so brauchen wir dennoch offenbar die ungeheuren Geschwindigkeiten, welche die Erklärung nach Dopplers Prinzip erfordern würde, keineswegs anzunehmen.

Von all dem Lichte, das Chromosphäre und Protuberanzen uns zusenden, mag also ein Teil von der Eigenstrahlung der daselbst befindlichen Gase herrühren — ein anderer, wahrscheinlich sehr bedeutender Teil ist als gebrochenes Photosphärenlicht zu deuten, das auf eine Weise zu uns kommt, welche uns an Töplers bekannte »Schlierenmethode« erinnert. Es giebt aber einen Unterschied. In der Schlierenmethode trägt jede der Quelle entsprungene Strahlenart dazu bei, die Ungleichmässigkeiten des Mediums hervortreten zu lassen; man sieht fast nie Farbenerscheinungen, da im Vergleiche zu der mittlern Abweichung der Strahlen die Dispersion bei den meisten Medien gering ist. Die Chromosphärengase dagegen sind in eigentümlichen Farben sichtbar, weil sie für spezielle Lichtarten einen besonders grossen oder einen besonders kleinen Brechungsindex haben; in diesem Falle ist eben die Dispersion gross gegen die mittlere Abweichung der Strahlen.

Lassen wir momentan die eigene Strahlung der Gase in der Sonnenatmosphäre ausser Betracht, so werden bei radialer Lage des Spaltes diejenigen Chromosphärenlinien am längsten und am hellsten sein, die den Absorptionslinien, für welche die Erscheinung der anomalen Dispersion am kräftigsten hervortritt, entsprechen. Wir erwähnen, dass die beiden Natriumlinien die Fähigkeit, diese Phänomene hervorzurufen, in sehr verschiedenem Grade besitzen. Setzen wir voraus, was gewiss nicht zu kühn ist, dass auch die Linien des Wasserstoffes und der andern Chromosphärengase ähnliche individuelle Unterschiede darbieten, so wissen wir gleich, weshalb im Chromosphärenspektrum einige Linien eines Elementes lang, andere kurz sind, und weshalb daselbst die Intensitäten der Linien eines nämlichen Elementes sich oft so durchaus anders zu einander verhalten als im Emissionsspektrum oder im Fraunhoferschen Absorptionsspektrum. Freilich wird man die anomale Dispersion einer grossen Anzahl Substanzen vorerst gründlich untersuchen müssen, um bestimmen zu können, inwiefern unsere Betrachtung im stande ist, die schon bekannten oder noch aufzufindenden Einzelheiten im Chromosphärenspektrum zu deuten. Es wird sich z. B. zeigen müssen, ob jene Elemente, deren Linien im Chromosphärenlichte am meisten hervortreten, auch in der That besonders starke anomale Dispersion veranlassen, was bis jetzt noch unerforscht ist.«

Bezüglich der Erklärung der Sonnenflecke, wobei sich Verf. zum Teil auf die Schmidtsche Sonnentheorie stützt, ist auf das Original zu verweisen.

Doppellinien im Spektrum der Chromosphäre. Die von W. H. Julius entwickelte Theorie,[1]) nach welcher eine grosse Anzahl Sonnenphänomene als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes zu betrachten sind, hat durch ein sehr merkwürdiges Ergebnis der am 18. Mai 1901 von der holländischen Expedition in Sumatra angestellten Sonnenfinsternisbeobachtungen, eine ungemein kräftige Stütze erhalten.

In der erwähnten Arbeit hat er die Überlegungen mitgeteilt, welche ihn zu der Annahme führen, dass das Licht der Chromosphäre[2]) zum grossen Teil von Photosphärenlicht herrührt, das anomale Dispersion in den absorbierenden Dämpfen der Sonne erlitten hat. Die Wellenlängen der hellen Linien im Spektrum der Protuberanzen, der Chromosphäre und der sogen. umkehrenden Schicht können nach dieser Hypothese nicht genau identisch sein mit den Wellenlängen der korrespondierenden Absorptionslinien des gewöhnlichen Sonnenspektrums. Denn von jeder hellen Linie, welche einer Absorptionslinie von der Wellenlänge λ entspricht, muss man annehmen, dass sie von 2 Gruppen von Strahlen herrühre, deren Wellenlängen alle beziehungsweise kleiner oder grösser als λ sind. Das Licht auf der roten Seite der Absorptionslinien wird vielleicht in den meisten Fällen ein klein wenig intensiver sein als das auf der violetten Seite, da, so verschieden, was Ort und Raum anbetrifft, die Dichte der Sonnengase sein mag, es immer ein klein wenig wahrscheinlicher ist, dass die mittlere Dichte der Schichten, welche von dem zu uns gelangenden Lichte durchdrungen werden, nach dem Sonnenmittelpunkte zunimmt, als dass das Umgekehrte der Fall ist. Wo starke »Schlieren« auftreten, da können aber stellenweise die Wellengruppen auf der violetten Seite die intensivern sein.

Ferner leuchtet ein, dass die Strahlen von jeder Gruppe, deren Wellenlängen sehr von λ abweichen, nur in nächster Nähe des Sonnenrandes gesehen werden können, denn nur dort genügt eine kleine Abnormität im Brechungsindex, um Photosphärenstrahlen nach unserem Auge gelangen zu lassen. Licht, dessen Wellenlänge weniger von λ abweicht, kann zu uns von einem breitern Streifen der Chromosphäre gelangen; weit vom Sonnenrande werden wir im allgemeinen nur Strahlen zu sehen bekommen, deren Wellenlängen nur sehr wenig von λ abweichen.

---

[1]) Sitzungsberichte der Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam VIII, 510—523 (24. Febr. 1900). Vgl. den vorhergehenden Artikel.

[2]) Verf. bemerkt, dass er häufig die Ausdrücke Photosphäre und Chromosphäre gebrauche, möchte aber ausdrücklich betonen, dass er hierunter nur die weisse Scheibe der Sonne und den mehr oder weniger gefärbten Rand, wie er unserem Auge erscheint, meine. Eine scharf begrenzte Kugel, welche weisses Licht aussendet, und welche von einer durchsichtigen Schale, die ihrerseits farbiges Licht aussendet, umgeben ist, brauche er sich dabei nicht vorzustellen.

Auch von dieser Regel können Abweichungen dort auftreten, wo gewaltige Protuberanzen uns das Vorhandensein von grossen Unregelmässigkeiten in der Verteilung der Dichte der Sonnengase anzeigen.

Dr. Julius zeigt nun, dass die Verteilung der Helligkeit in den Chromosphärenlinien eine solche sein muss, nach welcher sich eine solche Linie als Doppellinie darstellt, deren Komponenten eine nach beiden Seiten hin abnehmende Intensität zeigen, so dass noch Licht von beträchtlicher Helligkeit in dem Zwischenraume vorhanden ist. Er fährt dann fort:

»Einen zwingenden Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung würden wir erhalten, wenn wir nachweisen könnten, dass alle Chromosphärenlinien wirklich Doppellinien von der oben beschriebenen Art sind.

Ich habe deswegen schon öfters nach dunklen Kernen in den Chromosphärenlinien auf Photographien gesucht, die während früherer Sonnenfinsternisse aufgenommen wurden, und habe in der That verschiedene Anzeichen derselben gefunden. Eine Platte aber, auf der diese Eigentümlichkeit die Regel war, wo alle Chromosphärenlinien doppelt waren, ist sicherlich noch nicht erhalten worden, da sonst die Erscheinung die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt hätte.

Die niederländische Expedition hatte das Glück, die ersten Platten zu erhalten, welche deutlich zeigen, dass alle Chromosphärenlinien doppelt sind!

Dies wichtige Resultat verdanken wir zunächst der grossen Sorgfalt, mit der Prof. Nyland den ganzen Plan zur Beobachtung mit der schönen Prismenkamera von Cooke entworfen und ausgearbeitet hat, und ferner der aussergewöhnlichen Exaktheit, mit der alle Handgriffe und Beobachtungen von ihm ausgeführt wurden. Möglicherweise wurde das Resultat ausserdem auch durch den in jeder andern Hinsicht so ungünstigen nebligen Himmel günstig beeinflusst. Denn wäre das Licht nicht geschwächt worden, so wären auf der Platte breitere und zahlreichere Linien aufgetreten, und die Verdoppelung wäre vielleicht nicht ausgeprägter hervorgetreten als bei den frühern Gelegenheiten.

Kurz nach der zweiten Berührung wurden 5 Aufnahmen auf einer Platte, und zwar eine jede während $^{3}/_{4}$ Sekunde gemacht. Eine jede zeigt nur 9 Linien, aber alle doppelt. Auf den vier für das Koronaspektrum bestimmten Platten werden einige der stärkern Chromosphärenlinien durch oft unterbrochene Bogen dargestellt. Das Licht derselben rührt offenbar von Protuberanzen her, welche ziemlich weit über die Photosphäre reichen. Hier ist, wie wir nach unserer Theorie erwarten durften, die Verdoppelung nicht so augenscheinlich; an fast allen Stellen ist sie aber doch sichtbar.

Auf der sechsten Platte wurde eine andere Reihe von fünf Aufnahmen von je $^3/_4$ Sekunde kurze Zeit nach dem dritten Kontakte gemacht. Auf dem ersten der so erhaltenen Spektra, welches von λ 3880—λ 5000 reicht, konnten 150 Doppellinien zwischen λ 3889 und λ 4600 gezählt werden; diese sind auch auf den andern vier Spektren sichtbar, soweit als das zunehmende zerstreute Licht die Zählung erlaubt.[1])

In dieser ersten Aufnahme zeigen sich die Doppellinien am deutlichsten in einiger Entfernung von dem kontinuierlichen Spektrum des soeben erschienenen Sonnenrandes. Wir finden dort, parallel zum Spektrum, einen hellen schmalen Streif, welcher auf den folgenden Aufnahmen breiter wird, und welcher wahrscheinlich von einer kleinen Einbuchtung des Mondrandes oder einer kleinen Ausbuchtung des Sonnenrandes herrührt. Auf der fünften Aufnahme erscheint unter der so erhaltenen Lichtbande wiederum ein ähnlicher Streifen. Diese Banden geben sozusagen Wiederholungen des »Flash«-Spektrums (ein glücklicher Umstand, denn die Totalität war früher vorbei, wie man berechnet hatte, und die Aufnahme wurde daher etwas später gemacht, als ursprünglich beabsichtigt war), so dass wir auf einer und derselben Aufnahme sowohl das reine Flash-Spektrum, als auch das kontinuierliche Spektrum der Sonne erhalten.

Mit Prof. Nyland habe ich ausführlich die Frage diskutiert, ob es möglich sei, den Ursprung der Doppellinien auf Fehler der Instrumente, wie ungleichmässige Bewegung des Siderostaten, Erschütterungen der Prismenkamera, Lichtreflexe u. s. w. zurückzuführen, aber wir vermochten keine solche Fehlerquelle zu entdecken, und wir müssen daher schliessen, dass wir es hier mit einer Eigenschaft der chromosphärischen Linien zu thun haben.

Die Fraunhoferschen Linien sind im kontinuierlichen Spektrum nur schwach. Dies mag zum Teil von der Diffusion des Lichtes an den Wolken herrühren. Die Wolken können jedoch nicht die einzige Ursache für die Schwäche der Absorptionslinien in dem ersten Stadium nach der Totalität sein, da diese Erscheinung auch bei klarem Himmel[2]) beobachtet worden ist. Es muss daher noch ein anderer Grund für das teilweise Fehlen der Linien vorliegen. Aus unserer Theorie folgt der Grund unmittelbar. Denn das Spektrum der Chromosphäre wird am Ende der Totalität mehr und mehr wie ein kontinuierliches Spektrum erscheinen, da immer mehr helle Linien auftreten, in denen eine jede nach unserer Hypothese eine doppelte Bande bildet, in welcher das Fehlen der absorbierten

[1]) Auf den ursprünglichen Negativen kann man die Verdoppelung nur mit der Lupe beobachten. Vergrösserungen werden demnächst veröffentlicht werden.

[2]) Campbell, Astrophys. Journ. 11. p. 228.

Wellen nicht so leicht beobachtet wird. Sobald aber ein Teil der Photosphäre erscheint, wird das schon vorhandene, scheinbar kontinuierliche Spektrum beherrscht durch das mehr wesentlich kontinuierliche Photosphärenspektrum, dessen »Spalt« durch zwei beinahe scharfe Kanten (die der Photosphäre und des Mondes) begrenzt wird.

In diesem Spektrum muss sich das Fehlen der absorbierten Wellen in der gewöhnlichen Form als Fraunhofersche Linien zeigen. Das Licht der Chromosphäre wird natürlich diese Linien zum Teil verdecken, aber im Vergleiche mit dem direkten photosphärischen Lichte ist es schwach genug, um die Linien dunkel erscheinen zu lassen. Unabhängig von der Gegenwart der Wolken müssen also die Absorptionslinien beim Übergange vom »Flash«-Spektrum zum Fraunhoferschen Spektrum anfangs schwach sein und abnorme relative Intensitäten zeigen, dann stärker werden, wobei die Intensitäten normal werden.

Da die Doppellinien nicht scharf definierte Objekte sind, so lässt sich die Breite dieser Systeme nur schwer angeben. Aber wir können auf die hellsten Teile der Komponenten einstellen und ihre Entfernung mit einem Mikrometer bestimmen. Dieselbe weicht für die verschiedenen Doppellinien ab, sie liegt jedoch in dem untersuchten Teile des Spektrums zwischen 0.7 und 1.6 Ångströmschen Einheiten (oder Zehnmillionteln des Millimeters). Breitere und schmälere Systeme folgen aufeinander in unregelmässiger Reihenfolge, aber im Durchschnitte scheint die Entfernung zwischen den Komponenten abzunehmen, wenn wir vom Grün zum Violett weiterschreiten.

Bei einigen Linien ist die intensivere Komponente diejenige mit der grössern Wellenlänge, in andern die mit der kürzern. Manchmal treten sogar in einer Linie beide Fälle dicht bei einander auf (z. B. bei den Linien H δ und H γ auf unserer Platte). Dies bedeutet, dass in benachbarten Stellen der Sonnenatmosphäre die Dichteverteilung im absorbierenden Gase eine verschiedene ist, dass nämlich die mittlere Dichte längs des Strahlenganges an der einen Stelle nach dem Sonnenzentrum hin zunimmt, an der andern Stelle nach dorthin abnimmt.

Campbell[1]) giebt an, dass in manchen Fällen, wo dunkle und helle Linien zusammen auftreten, sie voneinander um 0.4—0.5 Ångströmsche Einheiten entfernt sind. Dies ist ungefähr die Hälfte der Entfernung der Komponenten unserer Doppellinien. Wahrscheinlich hat es Campbell mit Fällen zu thun gehabt, wo eine der Komponenten stark markiert war. Ein ähnlicher Fall tritt auf unserer Photographie in H β auf, wo die Komponente mit der

---

[1]) Campbell, Astrophys. Journ. 11. 229.

grössern Wellenlänge beinahe auf ihrer ganzen Länge stärker ist, als die mit der kleinern Wellenlänge, und dies ist der Fall nicht nur bei der dritten Berührung, sondern auch bei der zweiten und ebenso auf den 4 Platten, welche für das Koronaspektrum bestimmt waren, und die bez. 5, 20, 190 und 60 Sekunden exponiert wurden.«

Dr. Julius hat in keiner Chromosphärenlinie eine Eigentümlichkeit entdeckt, die zwingen könnte, auch nur einen Teil des Lichtes Strahlungen zuzuschreiben, welche von selbstleuchtenden Chromosphärengasen herrühren sollten. Nun können wir freilich kaum annehmen, dass diese Gase thatsächlich kein Licht aussenden. Es fragt sich daher nur, in welchen Fällen und inwieweit die Intensität der wahren chromosphärischen Emission gegen die viel grössere Intensität des anomal gebrochenen Lichtes der Photosphäre in Betracht kommt. Vielleicht sind die oben erwähnten Photographien nur zufälligerweise so ausserordentlich geeignet, um die durch anomale Dispersion bei der Erzeugung des Lichtes der Chromosphäre gespielte Rolle zu zeigen, dass sie dadurch veranlassen, den Einfluss der anomalen Dispersion zu überschätzen. Es wäre daher sehr interessant, wenn die Platten anderer Expedition von diesem Gesichtspunkte aus untersucht würden.

Protuberanzen, beobachtet 1888—1890 am Haynaldobservatorium.[1]) P. Fényi, S. J., hat in dieser Publikation in Tabellen alle Protuberanzen registriert, die mindestens 20″ Höhe erreichten, und deren Position am Sonnenrande, so wie die daraus berechnete heliographische Breite angegeben. In Heliogravüre ausgeführte Zeichnungen geben das Aussehen des Sonnenrandes mit den darauf befindlichen Protuberanzen wieder, so wie dieselben unmittelbar am Okular gezeichnet wurden. Die kostspielige Reproduktion in Heliogravüre geschah zu dem Zwecke, die Beobachtungen möglichst getreu und vollständig wiederzugeben, damit die Tafeln selbst für die verschiedensten Untersuchungen betreffs der Formen, Verteilung, Dauer u. s. w. der Protuberanzen dienen können. Es sind deshalb auch die kleinen Gebilde eingezeichnet worden, welche zwar notiert, aber nicht in das Verzeichnis der Protuberanzen aufgenommen wurden. In Hinsicht auf diesen Zweck bemerkt indessen der Herausgeber, dass es nicht möglich ist, all das feine Detail zeichnend wiederzugeben, das bei vorzüglichem Luftzustande sichtbar ist. Manches ging wiederum durch die bedeutend verkleinerte Umzeichnung auf etwa $^1/_3$ Grösse verloren. Ein weiterer Verlust ist der Verkleinerung durch die Photographie auf etwa $^3/_4$ zuzuschreiben und endlich noch der Mangelhaftigkeit des Abdruckes. Speziell hebt P. Fényi folgendes hervor: »Im einzelnen ist zu beachten, dass die so vielfach zerrissenen Formen, welche hier die Protuberanzen zeigen, durchaus

[1]) Publ. des Haynaldobservatoriums Heft 8. Kalocsa 1902.

nicht durch Unvollkommenheit des Abdruckes entstanden sind. Die Protuberanzen haben genau so zerrissene Formen, ja noch kleiner zerstückelte, da kleineres Detail durch die Darstellung verloren ging. Die Abtrennung von der Chromosphäre, das Schweben der Protuberanz, ist ebenfalls, wo immer es noch zum Ausdrucke gelangte, keineswegs als Fehler der Darstellung aufzufassen. Die Erscheinung des Schwebens ist überhaupt eine so häufige, dass man darin eine allgemeine Eigenschaft ruhender Protuberanzen erblicken könnte, in der Weise wie beim Nordlichte, da das in der Regel beobachtete Aufsitzen derselben am Sonnenrande ohne Zwang dahin gedeutet werden könnte, dass das beobachtete Gebilde nicht genau am Sonnenrande steht, und so der untere Teil durch Projektion unsichtbar, nicht wahrnehmbar ist, oder durch die langgestreckte Ausdehnung im Parallel verdeckt wird. Die Struktur der Protuberanzen ist, obwohl nicht immer, doch fast immer, eine aus Streifen, Bändern, Fäden bestehende. Die gestreiften Formen sind durchaus nicht als Erzeugnisse der Zeichnungsschablone anzusehen; es ist damit die Struktur der beobachteten Protuberanz getreu wiedergegeben. Wo diese nicht derartig war, ist auch die Darstellung verschwommen, wolkig.

Um die Beziehung zwischen Fackeln und Flecken übersichtlich zu zeigen, wurden jene Stellen, wo eine Fackel über den Rand trat oder von demselben zur Zeit der Beobachtung ungefähr bis 13 Grade entfernt stand, durch eine punktierte Linie unter dem Sonnenrande bezeichnet; in derselben Weise wurden auch die Übergänge der Flecken durch ein Strichlein angezeigt. Bei 13° Entfernung müsste eine Protuberanz von 30″ Höhe am Rande schon sichtbar werden. Wenn man die Tafeln in dieser Hinsicht durchmustert, so sieht man sogleich, dass Fackeln und Flecken zu den Protuberanzen in keineswegs so enger Beziehung stehen, als man aus der üblichen Betonung derselben schliessen möchte. Es ist gar nicht ungewöhnlich, dass ein solcher Übergang ganz ohne irgend eine Protuberanzerscheinung vor sich geht, namentlich sind jene Fackeln, welche ausserhalb der thätigen Fleckenzone vorkommen, eben nur zufällig bisweilen von Protuberanzen begleitet.«

Eine Beziehung der magnetischen Störungen zu den Protuberanzen lässt sich nicht wahrnehmen. Überhaupt, bemerkt Pater Fényi, dass gerade die grossartigsten Protuberanzen, die er im Laufe von 16 Jahren beobachtete, wenn es nicht eben metallische Eruptionen bei grossen Flecken waren, mit keinerlei magnetischen Störungen zusammentrafen.

Was die Verteilung der Protuberanzen über die verschiedenen Breiten der Sonne anbelangt, so ergab die Beobachtung ein Minimum der Häufigkeit am Sonnenäquator und ein Maximum derselben auf 40—50° nördlicher wie südlicher heliographischer Breite. Der Vergleich mit den zu Kalocsa angestellten Beobachtungen 1884—1887 zeigt, dass sich von 1884 an ein Minimum der Protuberanzhäufig-

keit am Sonnenäquator ausbildete, das 1887 schon scharf ausgeprägt war. Im letztern Jahre trat das Maximum in 50° Breite zuerst hervor. Dieses wuchs in den Jahren 1888, 1889, 1890 zu enormer Grösse an, ohne dass das Minimum am Äquator sich weiter vertiefte, und ohne ersichtlichen Unterschied auf der Polarkalotte von 60 bis 90°. Man erkennt auch ein schwaches sekundäres Maximum, welches dem Hauptmaximum gegen die Pole nachfolgte und im Jahre 1890 auf der nördlichen Halbkugel mit dem enorm grossen Hauptmaximum zusammenfliesst.

Besondere Tabellen zeigen die Verteilung der Protuberanzen in Länge und Breite über der ganzen Sonnenoberfläche. Daraus ergiebt sich, dass nicht so sehr die Anhäufungen, als vielmehr ein Fehlen der Protuberanzen an gewissen Stellen der Sonne eine auffallende Beständigkeit zeigt. So finden wir ein Gebiet um 180° Länge herum in allen 3 Jahren ziemlich frei von Protuberanzen. In den Breiten zeigen die Protuberanzen im Jahre 1890, zwischen + 40° und + 45° eine ganz abnorme Anhäufung. Betreffs der Flecken ist zu bemerken, dass ihre Häufigkeit sich keineswegs an die der Protuberanzen anschliesst, auch wenn wir nur die Fleckenzone beachten. Ihre Wanderung gegen die Pole tritt offenbar hervor.

Über besondere Bewegungen der Protuberanzengebilde bemerkt Pater Fényi u. a.: »Ein Herabfallen, ein Sinken einer Protuberanz, wird nicht beobachtet, wenn wir die grossen Gebilde im Auge haben; namentlich wird ein Herabsinken bei sehr grossen Protuberanzen, die rasch emporsteigen, niemals beobachtet. Bei gewöhnlichen Gebilden scheint es bisweilen vorzukommen, bei sehr kleinen ist es aber nicht mehr selten. Wenn man die über der Chromosphäre schwebenden Flämmchen oder Streifen etwas länger beobachtet, so wird man häufig nach ein paar Minuten merken, dass das Gebilde der Chromosphäre sich nähert und alsbald auch damit zusammenfliesst und verschwindet. Am 20. August 1889 konnte ich eine im Gesichtsfelde seitwärts gerichtete Bewegung konstatieren, das ist eine in die Richtung des Meridians fallende. Solche Bewegungen müssen wohl auch gewöhnlich vorkommen, werden aber nicht beobachtet, weil die Messung nicht darauf gerichtet wird. Im vorliegenden Falle erhob sich ein Stück, trennte sich von der Chromosphäre und bewegte sich gegen eine grössere Protuberanz, um mit derselben scheinbar zusammenzufliessen. Soweit sich die Geschwindigkeit aus den Dimensionen der Zeichnung entnehmen lässt, betrug sie 25 *km* in der Sekunde; ebenso gross war die Erhebung. Würde sich eine Protuberanz mit der zehnfachen Geschwindigkeit, d. i. mit 250 *km*, seitwärts bewegen, so würde sie in 6 Minuten 7° am Sonnenrande durchlaufen; eine solche Bewegung müsste auffallen. Es ist nun beachtenswert, dass solche Fälle nicht verzeichnet werden, während doch derartige Geschwindigkeiten von 250 *km* in der Gesichtslinie, wie sie aus den Verschiebungen der Linien bestimmt

werden, zur Zeit des Fleckenmaximums vielmal in einem Jahre beobachtet werden. Es ist dies ein Umstand, der bei der Interpretation der Linienverschiebungen schwer ins Gewicht fällt; denn es lässt sich kein Grund angeben, warum horizontale Bewegungen im Meridian und im Parallelkreise solche Verschiedenheit zeigen sollten. Man wird daher gedrängt zu vermuten, dass nicht jede Linienverschiebung auf eine entsprechende Geschwindigkeit der Lichtquelle zurückzuführen ist.«

In neuester Zeit hat H. Michelson gezeigt,[1]) dass durch das blosse Dazwischentreten einer Masse in den Lauf eines Lichtstrahles, infolge der verschiedenen Brechbarkeit des dazwischentretenden Gases eine Linienverschiebung eintreten muss. »Es ist sehr bemerkenswert,« sagt Pater Fényi, »dass diese Erklärungsweise gerade in den Beobachtungen, welche sich gegen die andern Erklärungen so ablehnend verhalten, in frappanter Weise Bestätigung findet. Schon seit Jahren habe ich bemerkt, dass helle hervortretende Punkte in der Chromosphäre, welche eine kleine Verschiebung gegen blau zeigen, der Ort sind, wo alsogleich der Aufstieg einer Flamme oder einer kleinen Protuberanz erfolgt. Das ist es aber gerade, was zu erwarten steht, wenn die Erklärung H. Michelsons richtig ist. Die frappanteste Erscheinung dieser Art gelangte am 20. September 1893 zur Beobachtung. Eine höchst auffallende Verschiebung in der Chromosphäre fesselte meine Aufmerksamkeit, und so war ich Zeuge des Aufstieges einer Protuberanz bis zu 11′ 30″, das ist bis zu 500000 *km* Höhe, vom ersten Anfange an. Eine eingehende Untersuchung der zum Zustandekommen der beobachteten Erscheinungen notwendigen Bedingungen führt aber auch bei dieser Erklärungsweise auf bedeutende Schwierigkeiten, deren besondere Behandlung ich auf spätere Gelegenheit verschieben muss. Es genüge hier zu bemerken, dass, wenn auch manche Linienverschiebungen auf andere Weise erklärt werden können oder müssen, die Erklärung nach dem Dopplerschen Prinzip nicht abgeschafft werden kann, da die Beobachtung selbst Beweise liefert, dass ganz bedeutende Linienverschiebungen solcher Art zur Beobachtung gelangen müssen.

Die Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 in ihrer Einwirkung auf die meteorologischen Verhältnisse in Nordamerika ist von Prof. Frank H. Bigelow eingehend studiert worden.[2]) Der Mondschatten durchzog damals in den Vereinigten Staaten eine Zone, in welcher sich zahlreiche meteorologische Stationen befinden, und Prof. Bigelow hat sämtliche Beobachtungen derselben innerhalb 500 Miles von der Zentrallinie der Verfinsterung gesammelt und untersucht. Zur Zeit

---

[1]) Astroph. Journal 1901. p. 63.

[2]) Eclipse Meteorology V. 5. Departement of agriculture Weather Bureau, Bulletin I, Washington 1902.

der Mitte der Finsternis war auf den Grenzen dieser Zone die Sonnenscheibe bis zu 0.9 ihrer Fläche verdeckt. Die Beobachtung wurde durch die Witterung begünstigt, so dass es leichter ward, den Einfluss der Verfinsterung, von lokalen Störungen frei, zu erkennen. Das Barometer stieg um die Zeit der Finsternis meist, und an mehrern Stationen stieg es um die Mitte der Totalität am schnellsten, doch ist dieser Gang nicht ausgesprochen genug, um ihn in Beziehung zur Finsternis zu bringen. Deutlicher trat der Einfluss der letztern auf das Thermometer hervor. Es begann durchschnittlich 45^m vor der Totalität merklich zu sinken und erreichte den tiefsten Stand etwa 15^m nach der Totalität. Die Differenz betrug auf der Zentrallinie etwa 4^0 F. und war ebenso gross 150 Miles rechts und links davon, dagegen in 500 Miles Distanz von dieser erreichte sie nur 2^0 F. Nach Verlauf von ungefähr 2 Stunden war der Einfluss der Finsternis völlig verschwunden und die normale Tageswärme der Temperatur wieder aufgekommen. Der Dampfdruck verminderte sich, als die Temperatur im Minimum war, um 0.01 Zoll, was etwa $^1/_8$ des theoretischen Wertes beträgt. Prof. Bigelow vermutet, dass der Schatten zu rasch vorüberzog, um ein vollständiges Gleichgewicht herzustellen; es entstand vielmehr eine rasche Folge von kleinen Luftströmen, und diese turbulente Wirkung längs dem Rande des Schattenkegels verursachte nach seiner Meinung jene rasch auf einander folgenden Schattenbänder, welche man bei mancher Sonnenfinsternis, und auch diesmal gesehen hat. Sie waren bei der behandelten Finsternis übrigens nicht sehr augenfällig; ihre Geschwindigkeit betrug 6.5 Fuss in der Sekunde, ihre Breite $1^1/_8$ Zoll und ihr Abstand voneinander 2.2 Zoll. Sie wurden $^1/_4$ Minute vor und nach der Totalität gesehen. Die meisten Beobachter geben an, ihre Bewegung sei in beiden Fällen nordöstlich gewesen, andere geben genau die entgegengesetzte Richtung an. Die Erklärung dieser Erscheinung, welche Bigelow giebt, und die vorstehend erwähnt wird, ist sehr wahrscheinlich, jedenfalls hat die Erscheinung nichts mit Diffraktion am Mondrande zu thun, denn dafür ist ihre Bewegung weitaus zu langsam.

Die letzten und ersten Strahlen der Sonne bei totalen Sonnenfinsternissen zeigen eine von den Astronomen mit dem englischen Worte Flash (Aufleuchten) bezeichnete Erscheinung. Über dieselbe bemerkt Prof. A. Schmidt (Stuttgart) in Anknüpfung an die Untersuchungen von Prof. Julius (Utrecht): »Der äusserste Rand der Sonnenscheibe, genauer der tiefste Teil der die Sonnenscheibe umrahmenden Chromosphäre, erstrahlt in purpurrotem Lichte, einem Lichte, dessen Spektrum aus vielen hellen Einzellinien besteht und sich wie eine Umkehrung des vom richtigen Sonnenlichte erzeugten Spektrums darstellt, das von den Fraunhoferschen dunkeln Linien durchsetzt ist, den Produkten der Absorption, die das weisse Sonnenlicht in den Gasen der Sonnenhülle erleidet. Nach Prof. Julius ist

S

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig

Strahlungen in der Sonnencorona am 18. Mai 1901.



dieses Licht des Flash nicht, wie nach Kirchhoffscher Vorstellung, das direkte Licht glühender Gase, das, zerlegt, ein Linienspektrum bildet, als genaue Umkehrung der Absorptionslinien des Sonnenspektrums; sondern seine Linien sind nur das Nachbarlicht dunkler Fraunhoferscher Linien. Von Prof. Ebert und R. Wood wurde der Juliusschen Theorie eine experimentelle Stütze geliefert. So wie Kirchhoff am Natriumdampfe die helle gelbe Doppellinie als Eigenlicht, die dunkle Doppellinie des durch Natriumdampf gegangenen weissen Lichtes als Absorptionswirkung desselben Dampfes nachgewiesen hat, so haben diese Physiker das vom Natriumdampfe durch anomale Dispersion abgelenkte Licht dargestellt, das einer weissen Lichtquelle entstammte. Sie haben Erscheinungen hervorgebracht, die ganz den Eindruck von Nachbildungen der Sonnenphänomene machen, des Flash, der Protuberanzen, der verzerrten und verschobenen Spektrallinien der Sonnenflecke, aus denen man bisher glaubte, auf ungeheure Bewegungsgeschwindigkeiten der Sonnengase schliessen zu müssen. Da eine Farbenzerstreuung durch Gase nur auftritt als Begleiterscheinung der Strahlenbrechung, der Erzeugung krummliniger Strahlen, so führt die Voraussetzung der neuen Theorie der Sonnenphänomene von selbst auf diejenige Erklärung des Sonnenrandes, die der Verfasser dieses Berichtes zuerst vor nun 10 Jahren gegeben hat. Zweifellos ist die Juliussche Theorie berufen, dessen Gedanken zu vervollständigen und zu verbessern, aber für die Erklärung des Flash neigt Schmidt doch lieber zur Kirchhoffschen Anschauung. Sollte das Licht des ersten und letzten Sonnenstrahles bei Finsternissen durch anormale Dispersion erzeugt sein, so müsste es doch durch Gasmassen passiert sein, welche die Dämpfe all der Metalle enthalten, die sich in den Fraunhoferschen Linien verraten. Gasmassen, in denen Eisendampf aufgelöst ist, kann er sich nur lebhaft selbstleuchtend vorstellen. Dazu kommt, dass nach seiner Theorie das dem Sonnenrande nächste Licht durch alle Wirkungen der Schlieren in den lichtbrechenden Gasen eine Sichtung erfährt, bei welcher gerade seine stärkst brechbaren Bestandteile mehr nach dem Innern der Sonne, die schwächer brechbaren nach aussen abgelenkt werden und also nicht Grünblau, sondern Rot erzeugen. Das ist der Unterschied zwischen Flash und grünem Strahle.

Eine merkwürdige Erscheinung in der Sonnenkorona während der totalen Finsternis am 18. Mai 1901 behandelt C. D. Perrine.[1]) Die Erscheinung glich einem Kegel, dessen Spitze im oder am Sonnenrande lag. Dem Anscheine nach bestand sie aus einer wolkenförmigen Materie, die so angeordnet war, als wenn sie durch eine Eruption von der Sonne emporgeschleudert würde. Nahe der

[1]) Publ. Astr. Soc. of the Pacific No. 83.

Spitze des Kegels zeigte sich eine lange dünne Protuberanz, tangential zum Sonnenrande, die ihren Ursprung anscheinend an der nämlichen Stelle wie der Kegel hatte. Vor Beginn der Finsternis waren weder Sonnenflecke, noch ungewöhnliche Sonnenfackeln gesehen worden. Zu Dehra-Dun in Indien sind Mai 17. bis 22., 26. und 28. Photographien der Sonne aufgenommen worden, welche den Sonnendurchmesser in Grösse von 7.5 Zoll zeigen. Auf den Glasnegativen dieser Aufnahmen fand Perrine für den 17. und 18. Mai weder Sonnenflecke, noch sonstige Anzeichen ungewöhnlicher Sonnenthätigkeit, dagegen zeigt die Photographie vom 19. Mai einen Fleck von mittlerer Grösse, der eben am Ostrande der Sonne auftaucht und infolge der perspektivischen Verkürzung als Strich von 0.5′ Länge, von Fackeln umgeben sich darstellt. Am 20. Mai erscheint er 0.75′ lang und in einem Abstande von 0.5′ gefolgt von verschiedenen kleinen Flecken, die eine geschlossene Gruppe bilden. Der Hauptfleck zeigt sich als kompaktes Ganzes, von einer deutlichen Penumbra umgeben, und wies während der folgenden Tage keine Veränderung auf, während die nachfolgenden kleinen Flecken sich beträchtlich vergrösserten. Die auf Grund der Photographie ausgeführte Berechnung ergab, dass der Hauptfleck am 17. Mai 17^h 40.6^m mittl. Zt. v. Greenwich 4^0 vom Rande auf der abgewandten Seite der Sonne stand im Positionswinkel von 60.2^0 des Sonnenrandes. Die Spitze der kegelförmigen Erscheinung der Sonnenkorona lag ihrerseits im 60^0 Positionswinkel des nämlichen Sonnenrandes. Hieraus ergiebt sich ein Zusammenfallen dieses Phänomens mit dem Ort des Fleckens auf der Sonne, und dies wird durch die Abbildung (Tafel I) noch deutlicher. Die Flecken auf der Sonne sind hier in ihrem Fortschreiten über die Scheibe so dargestellt, wie sie die Photographien ergeben, und die Strahlung in der Korona ist nach der photographischen Aufnahme mit der 40 füssigen Kamera eingezeichnet. Es kann hiernach wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die Erscheinung in der Korona wirklich unmittelbar über der in Rede stehenden Gruppe von Flecken und Fackeln stand und ihren Ursprung derselben Störung auf der Sonnenoberfläche verdankte. Die lange fadenartige Protuberanz deutet in gleicher Weise ihren Ursprung aus dem nämlichen Vorgange an. Diese Beobachtungen zeigen also in sehr augenfälliger Weise den intimen Zusammenhang dieser Erscheinungen an und bezeugen, dass Flecken, Fackeln, Protuberanzen und Koronastrahlen wenigstens in gewisser Beziehung einen gemeinsamen Ursprung haben.

Das Wesen der Sonnenkorona. Prof. Frank H. Bigelow betont,[1]) dass die Polarstrahlen der Sonnenkorona in Wirklichkeit magnetische Kraftlinien sind, die wir von der Erde aus in Projektion sehen. Die Fläche auf der Sonne, von der diese Linien aufsteigen,

[1]) Eclipse Meteorologie and allied Problems. Washington 1902. Weather Bureau, Bulletin I.

ist auf eine Zone von 10° Breite beschränkt, deren Zentrallinie 32° von den Polen der Sonne entfernt ist. Nach Bigelow rotiert die Korona in 26.68 Tagen, was er aus dem Aussehen verschiedener Koronen und zum Teil aus der magnetischen Variation schliesst. In letzter Beziehung ist dagegen Prof. A. Schuster zu dem Ergebnisse gekommen, dass ein Einfluss der Sonnenrotation auf die erdmagnetische Variation nicht besteht.[1])

Aussendung Hertzscher Strahlen durch die Sonne. H. Deslandres und Décombe haben sich hierüber verbreitet.[2]) Die Frage, ob die neue Art von Strahlung, welche von der gleichen Natur ist wie die Wärme- und Lichtstrahlung, von der Sonne der Erde ebenfalls zugesandt werde, wurde schon bald nach der Hertzschen Entdeckung (1889) aufgeworfen. Eine Antwort darauf gaben die Untersuchungen über die drahtlose Telegraphie mittels Hertzscher Wellen. Auf die Stange der Empfangsstation wirkt während des Tages fortwährend die Sonnenstrahlung, trotzdem zeigt sich beim Rezeptor keine dauernde Einwirkung, und die Beobachtungen unter den verschiedensten Verhältnissen berechtigen zu dem Schluss: Die Erde empfängt nicht kontinuierlich messbare Hertzsche Wellen von der Länge der Wellen der Telegraphie ohne Draht (zwischen 10 und 1000 *m*). Dieses negative Resultat ist nicht auffallend, wenn man erwägt, dass die weissglühenden Körper auf der Erde in der Regel mit Licht und Wärme nicht zugleich auch Hertzsche Wellen aussenden. Bei der Sonne sind zwei verschiedene Strahlungsquellen zu unterscheiden: die Oberfläche und die Atmosphäre über derselben. Erstere, welche den grössten Teil der Wärme und des Lichtes liefert, besteht aus weissglühenden Teilchen, kann mit den irdischen Strahlungsquellen verglichen werden und sendet unter normalen Verhältnissen sehr wahrscheinlich keine elektromagnetischen Wellen aus. Für die Sonnenatmosphäre, deren Licht elektrischen Ursprunges sein muss, besteht aber die entgegengesetzte Wahrscheinlichkeit. Es ist auch wahrscheinlich, dass die obersten Schichten der Sonnenatmosphäre Kathodenstrahlen aussenden. Arrhenius hat bekanntlich diese Hypothese ausgearbeitet, um alle Einzelheiten der Kometen, Polarlichter und erdmagnetischen Stürme zu erklären. Man kann also ähnlich wie bei den elektrischen Entladungen in unserer Atmosphäre annehmen, dass die Chromosphäre und die Protuberanzen Hertzsche Wellen aussenden. Die obern verdünnten Schichten der Sonnen- uud Erdatmosphäre (auf der Erde von 100—0.01 *mm* Druck) absorbieren stark diese besondere Art von Wellen, und deshalb ist es unter normalen Verhältnissen wenig wahrscheinlich, dass ein messbarer Teil dieser Energie den Erdboden erreicht. Bei den grossen erup-

[1]) Observatory 1902. No. 323. p. 353.
[2]) Compt. rend. 1902. 134. No. 9, p. 527.

tiven Protuberanzen aber, welche sich manchmal bis zu mehr als $^1/_8$ des Sonnendurchmessers erheben und während kurzer Zeit eine intensive Beleuchtung grosser Massen weit ausserhalb der Grenzen der Chromosphäre zeigen (?), müssen die elektromagnetischen Wellen eine grössere Rolle übernehmen als die auf der Erde untersuchten Wellen. In diesem aussergewöhnlichen Falle könnten sie teils wegen der grossen Länge, teils wegen ihrer Intensität das Hindernis, welches unsere Atmosphäre bietet, überwinden und bis zum Erdboden dringen; sie würden dann auf die Empfangsapparate der Telegraphie ohne Draht oder auf geeignete Apparate einwirken, sich jedoch hierbei mit den Wellen vermischen, welche den irdischen Gewittern zugeschrieben werden. Die Unterscheidung zwischen irdischen und kosmischen Wellen ist jedenfalls schwierig; das sicherste Mittel zu diesem Zwecke wäre es, an mehrern Punkten der Erde Empfang- oder Registrierapparate für die Wellen aufzustellen und die Einwirkungen herauszusuchen, welche simultan sind, und denen daher eine allgemeine Ursache für die ganze Erde zugeschrieben werden kann. Nach dieser Methode wurde der Zusammenhang der Sonnenflecken mit gewissen erdmagnetischen Störungen festgestellt.

An der gleichen Stelle[1]) verbreitet sich auch Charles Nordmann über denselben Gegenstand. Wenn, sagt er, die elektromagnetische Lichttheorie richtig ist, erscheint es äusserst wahrscheinlich, dass die Sonne elektrische Wellen aussendet. Die Oberfläche der Photosphäre muss eine Quelle elektromagnetischer Strahlung sein, ebenso wie sie Licht- und Wärmestrahlen aussendet. Die Spektraluntersuchungen der Chromosphäre und der eruptiven Protuberanzen haben dagegen gezeigt, dass der untere Teil der Sonnenatmosphäre Sitz ungemein heftiger elektrischer Entladungen ist, welche besonders im Gebiete der Flecken und Fackeln stattfinden, wo unter dem Einflusse heftiger Bewegungen der Sonnenoberfläche eine Scheidung positiver und negativer Elektrizität eintritt. Bei diesen Entladungen müssen häufig Hertzsche Wellen entstehen wie bei den Entladungen eines Erregers unter Einwirkungen einer elektrostatischen Maschine. Daraus folgt, dass die Sonnenfläche Hertzsche Wellen aussendet, und diese Strahlung besonders intensiv in den Gebieten ist, wo an der Oberfläche heftige Eruptionen stattfinden, und zu den Epochen, wo die Intensität dieser Eruptionen ihr Maximum erreicht, d. h. in dem Gebiete der Sonnenflecken und -fackeln und zur Zeit des Maximums der Sonnenthätigkeit.

Hierin findet Nordmann die Erklärung einer Anzahl bisher rätselhafter Himmelserscheinungen bis in die kleinsten Details.

»Man weiss nach den Beobachtungen von Sonnenfinsternissen, sagt er, dass die Sonnenkorona zum Teil aus glänzenden Strahlen von veränderlicher Form besteht, welche sich bis auf grosse Ent-

---

[1]) c. l. p. 530.

fernungen von der Sonne erstrecken, und deren kontinuierliches Spektrum zeigt, dass sie aus weissglühenden, festen oder flüssigen Teilchen bestehen — zum Teil aus einer Atmosphäre leuchtender, um die Sonne sehr gleichmässig verteilter Gase, welche im Spektroskope die hellen Linien des Wasserstoffes und die charakteristische grüne Linie des Koroniums zeigen, welche man bis zu einer bedeutend grössern Entfernung von der Sonne als die andern Linien wahrnehmen kann. Diese Gasatmosphäre scheint von den Lichtstrahlen unabhängig zu sein, denn die Linien, welche sie zeigt, sind im dunkeln Zwischenraume zwischen 2 Strahlen ebenso intensiv wie in der Mitte derselben. Die Phasen dieser beiden Bestandteile der Korona sind übrigens einander gerade entgegengesetzt; die Sonnenfinsternisbeobachtungen der Jahre 1867, 1878, 1888, 1900, welche zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums gemacht wurden, haben deutlich gezeigt, dass der Gasbestandteil der Korona zur Zeit eines Maximums viel intensivere Linien zeigt, welche auf eine bedeutend grössere Entfernung von der Sonnenscheibe sichtbar sind, als zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums. Die Strahlen der weissglühenden Teilchen der Korona dagegen erstrecken sich zur Zeit eines Sonnenfleckenminimums auf eine viel grössere Entfernung von der Sonne als zur Zeit eines Maximums. Young hat diese Thatsache aus den Sonnenfinsternisbeobachtungen von 1867 und 1878 abgeleitet, jene von 1889 und 1900 haben sie vollständig bestätigt. Endlich weiss man, dass die Sonnenstrahlung (nicht die elektromagnetische Strahlung) zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums weniger intensiv ist als zur Zeit eines Minimums. Dies geht hervor aus der bolometrischen Untersuchung der Flecken durch Langley, aus den Arbeiten von Stone, Gould, Piazzi Smith und in letzter Zeit von Köppen, welche festgestellt haben, dass die mittlere Erdtemperatur in den Jahren der Sonnenfleckenminima ein wenig höher ist als zur Zeit der Maxima. Alle diese Einzelheiten der Korona erklären sich nun leicht:

a) Der Druck der Strahlung oder Kraft von Maxwell - Bartoli muss die Hauptursache dafür sein, dass die Strahlen weissglühender Teilchen der Korona von der Sonne auf grosse Entfernungen hinausgestossen werden; da die Energie der Sonnenstrahlung zur Zeit eines Sonnenfleckenmaximums vermindert ist, muss es ebenso der Strahlungsdruck sein, welcher ihr proportional ist, und die Strahlen sind weniger lang, was mit den Beobachtungen gut übereinstimmt.

b) Anderseits zeigt der eben bewiesene Satz, dass die elektromagnetische Strahlung der Sonne zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums vergrössert sein muss. Das Leuchten des Gasbestandteiles der Korona kann nicht der Sonnenwärme zugeschrieben werden, denn dieses Leuchten hat die grösste Ausdehnung und Intensität gerade zur Zeit, wenn die Sonne am wenigsten Wärme ausstrahlt. Übrigens haben die neuesten Versuche über die Emission von Gasen gezeigt, dass die Wärme allein bei den höchsten erreichten Tempe-

raturen nicht im stande ist, Gase zum Leuchten zu bringen. Die Ursache, welche die Gase der Korona leuchtend macht, muss die Elektrizität sein: diese Gase werden von der Sonne durch Hertzsche Wellen nach der bekannten Eigenschaft dieser Wellen beleuchtet, und diese Beleuchtung muss zur Zeit des Sonnenfleckenmaximums am intensivsten sein, weil diese Wellen zu dieser Zeit ihre grösste Intensität haben. Dadurch werden die beobachteten Erscheinungen vollkommen erklärt.

Übrigens ist der Strahlungsdruck infolge der Hertzschen Wellen zu vernachlässigen, da die kürzesten Hertzschen Wellen, welche man kennt, eine bedeutend grössere Wellenlänge haben, als dem Durchmesser der weissglühenden Teilchen der Korona nach der Rechnung zugeschrieben werden kann.

Das Spektrum der Kometen war Gegenstand eingehender Arbeiten verschiedener Astronomen, insbesondere von Vogel und Hasselberg. Diese Arbeiten haben folgende Thatsachen sicher festgestellt:

1. Ausser dem kontinuierlichen Spektrum, welches der Kern der Kometen zeigt, und welches zum Teil auf reflektiertes Sonnenlicht zurückzuführen ist, zum Teil dem Eigenlichte des Kernes, zeigen alle Kometen ein Bandenspektrum, welche von einem leuchtenden Gasgemische von Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas herrührt.

2. Die Laboratoriumversuche, um künstlich ein dem Kometenspektrum identisches hervorzubringen, haben gezeigt, dass die leuchtenden Gase der Kometen eine relativ niedrige Temperatur besitzen, und dass das Gasspektrum identisch ist mit jenem, welches eine disruptive Entladung bei tiefer Temperatur zeigt, und verschieden von jenen Spektren, welche durch eine kontinuierliche Entladung oder einen Verbrennungsprozess hervorgebracht werden.

3. Das Gasspektrum ändert sich bei Annäherung des Kometen an die Sonne, wie das unter obengenannten Verhältnissen erzeugte künstliche Spektrum sich ändert, wenn man die Intensität der disruptiven Entladung vermehrt (dies zeigt, dass die Ursache des Leuchtens des Gasgemisches des Kometen in der Sonne liegt).

Nun haben die Arbeiten von Ebert und Wiedemann festgestellt, dass die Lichterscheinungen von Gasen infolge Hertzscher Wellen stets den Charakter jener Erscheinungen haben, welche disruptive Entladungen bei tiefen Temperaturen hervorbringen.

Man sieht also, dass durch obigen Satz auch alle Details des Kometenspektrums erklärt werden können. Dieser Satz hat zwar den Charakter einer Hypothese, doch ist er logisch von der elektromagnetischen Lichttheorie und den Spektraluntersuchungen der Sonne abgeleitet; keine Thatsache widerspricht ihm, und er erklärt eine ganze Reihe von bis jetzt unerklärten Erscheinungen.«

Die Temperatur der Sonne. In einer frühern, mit Gray ausgeführten Untersuchung über die Temperatur der Sonne hatte W. E. Wilson sich des Boysschen Radiomikrometers bedient, das

einerseits durch ein Bündel Sonnenstrahlen, anderseits durch einen glühenden Platinstreifen von bekannter Temperatur bestrahlt wurde. Die Öffnung für die künstliche Wärmequelle war so reguliert, dass sie die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen kompensierte; als Resultat fand sich die effektive Temperatur der Sonne gleich 6200°. In diesen Versuchen bildete die Möglichkeit störender Reflexionen von seiten des den glühenden Platinstreifen umgebenden Schutzkastens und von Änderungen der Platinoberfläche eine Ursache, welche die Wiederholung der Messungen mit einer andern künstlichen Wärmequelle wünschenswert erscheinen liess. Wilson berichtet jetzt über eine derartige, am 19. und am 30. September 1901 ausgeführte Untersuchung, bei welcher als Vergleichswärme die eines »absolut schwarzen Körpers« zur Verwendung kam, zuerst eine Porzellan-, sodann eine Eisenröhre, die einseitig geschlossen in einem Fletcherofen erhitzt, aus ihrem Innern die Strahlen des schwarzen Körpers in die Öffnung des Radiomikrometers sandte. Unter Zugrundelegung des Rosettischen Koeffizienten für die Durchgängigkeit der Atmosphäre ergaben die an den beiden Tagen ausgeführten Messungen im Mittel die effektive Sonnentemperatur zu 5773° abs. Nimmt man Langleys Transmissionskoeffizienten statt des Rosettischen an, so erhöht sich der Wert auf 6085° abs. Für die Mitte der Sonnenscheibe berechnet sich die Temperatur zu 6201° abs., und wenn man die Absorption in der Sonnenatmosphäre berücksichtigt, erhält man die effektive Temperatur des Sonnenkörpers = 6863° abs. oder 6590° C.[1])

Zodiakallicht.

Das Zodiakallicht. Prof. Seeliger verbreitete sich über kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht.[2]) Schon früher hat er die Theorie der Beleuchtung staubförmiger Massen in zwei Abhandlungen[3]) entwickelt. Veranlasst wurden diese Untersuchungen durch den Wunsch, über die Verhältnisse, welche der Saturnring darbietet, ins einzelne gehende Aufschlüsse zu erhalten. Hierzu waren ziemlich weitgehende Entwickelungen nötig, die Prof. Seeliger in solcher Allgemeinheit durchgeführt hat, dass in der Hauptsache die betreffenden Probleme als gelöst betrachtet werden können.

»Unter staubförmigen kosmischen Massen oder kosmischen Staubwolken hat man«, sagt Prof. Seeliger, »Aggregate von Massen zu verstehen, deren gegenseitige Entfernungen im Vergleiche zu ihren Dimensionen gross sind. Dabei wird man in den meisten Fällen

---

[1]) Proceedings of the Royal Society 1902. 69. p. 312—320.

[2]) Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. Kgl. bayr. Akad. 1901. 31. Heft 3. p. 265 ff.

[3]) I. Zur Theorie der Beleuchtung der grossen Planeten, insbesondere des Saturnringes. Abhdl. der bayr. Akademie der W., 16. München 1887. II. Theorie der Beleuchtung staubförmiger kosmischer Massen etc. Ebenda, 18. München 1893.

die Theorie nur unter der Voraussetzung zu entwickeln haben, dass das genannte Verhältnis sehr gross ist, da es sich um ganz genaue Formeln nicht handeln kann. Nichts hindert indessen, dass man, ähnlich wie in der kinetischen Gastheorie, einen Schritt weiter geht. Ganz genaue Formeln, die also auch auf Ansammlungen dicht gedrängter Teilchen anwendbar sind, aufzustellen, dürfte indessen bedeutende Schwierigkeiten darbieten. Solche weitergeführte Entwickelungen verlangt die Astronomie zunächst nicht, denn die bisher bekannt gewordenen kosmischen Staubwolken enthalten nur sehr dünn verteilte Materie.

Die Theorie erfordert nicht die Annahme kugelförmiger Gestalt der einzelnen die Staubwolke zusammensetzenden Teilchen, man darf aber diese Annahme machen, ohne die Allgemeinheit zu gefährden. Bei der obigen Definition der Staubwolken umfassen diese sehr verschiedene kosmische Gebilde, z. B. den Saturnring und das Zodiakallicht, aber auch, gewissermassen als Spezialfälle, selbstleuchtende oder teilweise selbstleuchtende Massen, wie die Sternhaufen, wahrscheinlich auch die sogenannten Spiralnebel, und schliesslich gehört der ganze sichtbare Fixsternkomplex dazu«. In der vorliegenden Abhandlung führt Prof. Seeliger zunächst einige Punkte der frühern Entwickelungen in Betreff der Beleuchtung an sich dunkler Staubwolken weiter aus. Aus den von ihm entwickelten Formeln ergeben sich Werte für die Flächenhelligkeit der sich als Nebelmassen in der Nähe von Sternen darstellenden Staubwolken, speziell einer solchen, welche eine Parallaxe von höchstens nur 0.01″ besitzt. Es handelt sich nun um die Frage, ob Nebelmassen von der gefundenen Flächenhelligkeit, welche 10—7 der mittlern Flächenhelligkeit des Vollmondes gleich ist, überhaupt bemerkbare Objekte sind. In dieser Beziehung bemerkt Prof. Seeliger folgendes: »Die Bestimmung der Flächenhelligkeit von ausgedehnten lichtschwachen Gebilden am Himmel ist nur in wenigen Einzelfällen und auch hier nur mit geringer Zuverlässigkeit durchgeführt worden. Namentlich ist man nur sehr selten über relative Helligkeitsschätzungen von Gebilden unter sich hinausgekommen, und Beziehungen auf bestimmte, also gewissermassen absolute Einheiten sind fast gar nicht vorhanden. Als eine solche Einheit empfiehlt sich die oben benutzte, nämlich die mittlere Flächenhelligkeit der Vollmondscheibe oder diese Helligkeit mit einer negativen ganzen Potenz von 10 multipliziert. Behält man die erstere als Einheit bei, so werden die reziproken Flächenhelligkeiten, die ich mit A bezeichnen will, selbst der hellsten Nebelflecke und noch mehr minder heller Objekte, wie der Milchstrasse, allerdings durch grosse Zahlen dargestellt, was indessen wohl kaum bedenklich sein dürfte.

Es mag nun das Wenige, was in dieser Beziehung bekannt ist, hier erwähnt werden. Es ist sehr zu bedauern, dass man kaum über sehr vage und unsichere Angaben hinaus gelangen kann, denn

die obigen Bemerkungen dürften, abgesehen von andern Fragen, darauf hinweisen, dass mit besser begründeten Feststellungen von solchen Flächenhelligkeiten ein recht erhebliches Interesse verbunden ist.

Der Himmelsgrund ist durch die Sonne oder durch den Vollmond nicht gleichmässig erhellt, vielmehr hängt, wie selbstverständlich, die Flächenhelligkeit der einzelnen Teile des Himmels von ihrer Lage zum erleuchtenden Gestirne und von der Höhe des letztern über dem Horizonte ab. Einen genauern Nachweis hierüber hat Prof. Wild[1]) gegeben. Danach ist z. B. im Azimuthe 90° von der Sonne entfernt das Verhältnis der Flächenhelligkeit der Sonnenscheibe zur Flächenhelligkeit des Himmelsgrundes $= \gamma \,.\, 10^6$, wo γ eine nicht sehr von der Einheit verschiedene Zahl bedeutet. Ungefähr dieselbe Zahl würde hieraus für die in den obigen Einheiten ausgedrückte reziproke Helligkeit des Himmelsgrundes bei Vollmond folgen, da Vollmond und Sonne nahe von gleicher scheinbarer Grösse sind.

Statt dessen führt aber Olbers[2]) — wohl eine der frühesten Angaben in diesem Gebiete — für A die Zahl 10^5 an. Da indessen diese Angabe ohne nähere Begründung gemacht ist, dürfte wohl die erwähnte Wildsche zuverlässiger sein. Bei Vollmond verschwindet nun für das freie Auge die Milchstrasse überall, vielleicht mit Ausnahme der allerhellsten Partien. Hier ist die Helligkeit des Himmelsgrundes um die der Milchstrasse vermehrt. Bleibt diese Helligkeit unbemerkt, so muss der Quotient aus der genannten Vermehrung dividiert durch die Helligkeit des Himmelsgrundes kleiner als ε sein, wo ε eine Zahl ist, die man wohl kleiner als etwa $^1/_{40}$ annehmen kann. Danach würde also für die Milchstrasse für A der Wert $\frac{1}{\varepsilon} \cdot 10^5$, bezw. $\frac{1}{\varepsilon}\, 10^6$ folgen, also werden voraussichtlich auch die hellen Partien der Milchstrasse ein A aufweisen, das vom Range 10^7 ist.

Die hellen, besonders einige kleine planetarische Nebel, scheinen eine viel grössere Helligkeit zu besitzen, doch lassen sich nur ganz unsichere Angaben in dieser Richtung machen. Die wenigen hierher gehörenden Angaben, deren Nachprüfung und Vermehrung dringend erwünscht wäre, hat Prof. G. Müller in seiner Photometrie der Gestirne zusammengestellt.

Nach E. Pickering sendet der helle planetarische Nebel G. C. 4964 so viel Licht aus, wie ein Stern von der Grösse 8.6. Die Lichtmenge, welche der mittlere Vollmond der Erde zusendet, ist gleich derjenigen, welche ein Stern von der Grösse — 11.77 besitzen würde. Der genannte planetarische Nebel ist ungefähr kreisrund und hat nach einer von Dr. Villiger angestellten Messungeinen Durchmesser von 21″. Hiermit ergiebt sich A für diesen Nebel zu rund 18000.

---

1) Bulletin der Akademie in Petersburg 1876 u. 1877.
2) Olbers' Werke I. p. 189.

Die genauere Bestimmung der relativen Flächenhelligkeiten nebeliger Objekte bereitet bekanntlich praktische Schwierigkeiten, die noch nicht überwunden sind. Aber man kann doch mit verhältnismässig einfachen Hilfsmitteln zu einer rohen zahlenmässigen Abschätzung gelangen. Will man dann die Zahlen A gewinnen, so wird man gegenwärtig noch am besten den Wert von A für den von Prof. Pickering bestimmten Nebel G. C. 4964 zu Grunde legen, da dieser Wert verhältnismässig nicht so grossen Unsicherheiten ausgesetzt zu sein scheint. Die Abschätzung der relativen Flächenhelligkeit anderer Nebel im Vergleiche zu dem genannten kann in der zunächst geforderten Annäherung mit Hilfe eines Keilphotometers erfolgen. Ich habe nun Dr. Villiger ersucht, mit dem schönen Töpferschen Keilphotometer ,welches mit dem $10^1/_2$-zölligen Refraktor der Münchener Sternwarte in Verbindung gebracht werden kann, einige passend ausgewählte Nebelobjekte zu vergleichen, was auch im Dezember 1900 und Mai 1901 geschehen ist. Auf die Details dieser Messungen soll hier nicht eingegangen werden. Ich führe nur die resultierenden Mittelwerte von A an, wobei für den Nebel G. C. 4964 der obige Wert A = 18000 angenommen wurde.

Objekt	A
G. C. 4628 . . . . A =	13900
Ringnebel in der Leyer . .	61800
Dumbbellnebel	133000
G. C. 4964	18000
G. C. 6826	32100
Andromedanebel	16100
Sternhaufen im Herkules Messier 13	45700

Zu Gunsten der oben angeführten Zahlen dürfte der für den Sternhaufen im Herkules gefundene Wert von A sprechen. Nach dem von Prof. Scheiner gegebenen Katalog ergiebt sich, dass in dem innersten und dichtesten Teile des Sternhaufens (30 Bogensekunden im Quadrate) im Mittel 0.1067 Sterne von der Grösse 12.7 auf dem Areale einer Quadratsekunde stehen. Hieraus ergiebt sich A zu 22000. Bei der Unsicherheit, die immerhin der Grössenschätzung anhaftet, dürfte die Übereinstimmung der beiderlei Zahlen befriedigend sein, immer vorausgesetzt, dass man nur die Grössenordnung von A zu bestimmen versucht.«

Auch auf Grund der von Prof. Seeliger früher veröffentlichten Betrachtungen über die räumliche Verteilung der Fixsterne kann man die mittlere Flächenhelligkeit nicht zu kleiner Teile der Milchstrasse bestimmen, allerdings nicht ohne Zuhilfenahme hypothetischer Annahmen. Alle diese Erwägungen lassen nun kaum bezweifeln, dass kosmischer Staub in der Nähe leuchtender Massen sich als auf nicht unbeträchtliche Strecken ausgebreitete schwach leuchtende Nebelmaterie darstellen kann. »Sind die einzelnen Staubteilchen überaus klein, vom Range der Wellenlänge des Lichtes, so werden bekanntlich

die kurzwelligen Strahlen in stärkerem Masse reflektiert als die langwelligen, und die Staubwolke wird sich dann leichter auf der photographischen Platte zeigen als dem Auge direkt bemerkbar machen.«

»Es scheint,« bemerkt schliesslich Prof. Seeliger, »nicht unwahrscheinlich, dass gewisse Teile der Spiralnebel auf solche erleuchtete Staubwolken zurückzuführen sind. Unsere Sonne ist, worauf das Zodiakallicht hindeutet, von einer dünnen Staubwolke umgeben, welche über die Erdbahn hinausreicht. Sie wird den nächsten Fixsternen deshalb als ein nebliger Stern erscheinen. Die Nebelhülle ist freilich wenig ausgedehnt, hat aber, wie leicht zu sehen, für ausserhalb des Sonnensystemes gelegene Beobachter durchaus noch merkliche Helligkeit, insoweit sie natürlich nicht durch den in ihrer Nähe stehenden Stern überstrahlt wird.« —

Wie erwähnt, zählt Prof. Seeliger das Zodiakallicht zu den staubförmigen kosmischen Massen. Unter den mancherlei Hypothesen, welche zur Erklärung dieses Phänomens aufgestellt worden sind, scheint ihm die einfachste folgende zu sein: »Der Raum des Sonnensystemes in der Nähe der Sonne bis zu Gegenden, welche die Erdbahn jedenfalls noch umschliessen, ist ausgefüllt mit Teilchen kosmischen Staubes, welche das Sonnenlicht zurückwerfen. Diese Staubwolke wird sich um eine Ebene, in welcher die Axe des Zodiakallichtes liegt, gruppieren, so dass sie in einer auf die Ebene senkrechten Richtung eine relativ geringe Ausdehnung besitzt. In der genannten Ebene selbst wird sie, da das Zodiakallicht ständige Unterschiede im Aussehen, die von der Jahreszeit abhängen, nicht zu zeigen scheint, nach allen Richtungen gleich ausgebreitet sein. In der Hauptsache wird also diese Staubwolke die Form einer Rotationsscheibe aufweisen, deren Mitte in der Sonne liegt, und die über die Erdbahn hinausreicht. Die Dichtigkeit der Massenverteilung wird wahrscheinlich von der Sonne nach aussen zu abnehmen, und es wäre möglich, dass sich die staubförmige Materie bis zu grossen Entfernungen von der Sonne nachweisen liesse, aber in viel grösserer Sonnenentfernung als die der Erde wird sie jedenfalls überaus dünn und ihr Einfluss also sehr gering sein müssen.

Ob die Axe des Zodiakallichtes wirklich in der Ekliptik liegt, und also die Rotationsaxe der Scheibe senkrecht darauf steht, bleibt dahingestellt. Früher hat man daran nicht gezweifelt, neuerdings aber haben zuverlässige Beobachter dies gethan. So hat Marchand[1]) und ganz neuerdings Prof. M. Wolf[2]) gefunden, dass die Axe des Zodiakallichtes eher in der Ebene des Sonnenäquators als in der Ekliptik liegend anzunehmen sei.

---

[1]) Compt. rend. 1895. 121. p. 1134.

[2]) Über die Bestimmung der Lage des Zodiakallichtes und den Gegenschein. Sitzber. d. Münchener Akademie d. Wissensch. 1900. p. 197—207.

Die oben erwähnte Ansicht über das Zodiakallicht drängt sich von selbst auf, wenn man sich erinnert, dass auch sonst verschiedene astronomische Erfahrungen auf die Anwesenheit kosmischen Staubes namentlich in der Umgebung der Sonne unzweideutig hinweisen. Vor 9 Jahren [1]) habe ich mich ausdrücklich zu dieser Ansicht bekannt, die auch von anderer Seite, so von dem um die Erforschung des Zodiakallichtes hochverdienten A. Searle verfochten worden ist, und eine nähere Begründung in Aussicht gestellt. Dass eine solche bisher nicht erfolgt ist, lag einmal darin, dass ein Jahr später Prof. Searle [2]) die Sachlage eingehend beleuchtet hat, und ferner darin, dass zuverlässige photometrische Angaben über die Helligkeitsverteilung im Zodiakallichte nicht zu beschaffen waren, und meine eigenen dahin gerichteten Versuche einen Erfolg nicht hatten.

Eine Änderung dieser Sachlage ist zwar bisher nicht eingetreten, aber es ist durch die neuesten Arbeiten von M. Wolf die Aussicht eröffnet worden, eine solche erwarten zu können. Prof. Wolf ist es in der That gelungen, eine photographische Methode zu finden, welche die Helligkeitsverteilung im Zodiakallicht zu erforschen erlaubt, und diese scheint mir demnach einen höchst bedeutungsvollen Fortschritt auf diesem Gebiete anzubahnen. Man darf also hoffen, in nicht zu ferner Zeit die erforderlichen photometrischen Daten zu erhalten, welche über die Zulässigkeit oder Unzulässigkeit der einzelnen Ansichten über das Wesen des Zodiakallichtes im grossen und ganzen zu entscheiden gestatten werden.«

Planeten.

Planetoidenentdeckungen im Jahre 1901. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [3]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte als neu entdeckte eingereiht worden:

(464)	FV	1901	Jan.	9	von	Wolf	Heidelberg
(465)	FW		Jan.	13	„	„	
(466)	FX		Jan.	17	„	Wolf-Carnera	
(467)	FY		Jan.	9	„	Wolf	
(468)	FZ		Jan.	13	„	„	
(469)	GB		Febr.	13	„	Wolf-Carnera	
(470)	Kilia		April	21	„	Carnera	
(471)	GN		Mai	18	„	„	
(472)	GP		Juli	11	„	„	
(473)	GC		Febr.	13	„	Wolf	
(474)	GD		Febr.	13	„	„	
(475)	HN		Aug.	14	„	Stewart, Arequipa	
(476)	Hedwig		Aug.	17	„	Carnera, Heidelberg.	
(477)	GR		Aug.	23	„		
(478)	GU		Sept.	21	„		
(479)	HJ		Nov.	12	„		

[1]) Über allgemeine Probleme der Mechanik des Himmels. München 1892.

[2]) Researches on the Zodiacal Light. Annales of the Harvard College Observatory 19. II. 1893.

[3]) Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 1902. 37. 1. Heft. p. 55.

P. Lehmann bemerkt ferner: Ausser diesen sind noch etwa 21 scheinbar neue Planeten aufgefunden worden, doch ist das über dieselben vorhandene Beobachtungsmaterial nicht ausreichend, um einigermassen sichere Bahnen daraus abzuleiten. Die Hauptelemente der für die oben genannten 16 Planeten berechneten Bahnen lauten:

	Ω	ι	φ	a	Berechner
(464)	103° 44'3	10° 51'8	14° 40'0	2.84	Berberich
(465)	305 24.2	4 37.8	13 45.8	3.19	Bauschinger
(466)	291 45.0	19 22.4	3 37.9	3.34	Winther
(467)	323 48.5	6 24.4	6 20.3	2.94	Berberich
(468)	22 23.3	0 29.7	11 47.2	3.14	Bauschinger
(469)	88 47.6	12 49.1	8 23.9	3.33	Bauschinger
(470)	182 56.0	10 34.6	20 9.8	2.72	Möller
(471)	84 9.8	17 52.7	19 56.2	2.98	Bauschinger
(472)	127 4.5	15 37.8	5 54.3	2.55	Paetsch
(473)	333 27.6	27 46.5	14 48.7	2.98	Berberich
(474)	162 47.8	7 32.4	8 27.4	2.46	Berberich
(475)	35 48	18 38	22 8	2.57	Miss Winlock
(476)	286 33.7	10 56.7	4 17.0	2.65	Berberich
(477)	10 58.5	5 12.4	10 56.2	2.40	Maubant
(478)	235 0.8	13 3.7	4 45.1	3.01	Mello e Simas
(479)	136 23.6	8 39.5	12 42.7	2.73	Bauschinger

Bemerkenswert sind hierunter die Planeten (470) und besonders (475) durch ihre grosse Exzentrizität. Beide können auch der Erde verhältnismässig nahe kommen:

(470) mit $\Delta = 0.83$ zur Oppositionszeit Jan. 14
(475) „ $\Delta = 0.69$ „ „ Aug. 31

ausserdem auch noch

(477) mit $\Delta = 0.93$ „ „ Aug. 23.

Der Planet (475) zeichnet sich ferner dadurch aus, dass er zur Oppositionszeit in hohe Deklinationen gelangen kann, und zwar in:

$\delta = +48°7$ zur Oppositionszeit Jan. 7
-60.2 „ „ Juli 8.

Ihm schliessen sich in dieser Beziehung an die Planeten:

(466) mit $\delta = +41°1$ zur Oppositionszeit Nov. 23
-42.1 „ „ Mai 22

und:

(473) mit $\delta = +66.5$ „ „ Dez. 8
-60.3 „ „ Juni 7.

Annähernde Ähnlichkeit zeigen die Bahnelemente der Planeten:

(467) $\Omega = 323°8$ $\iota = 6°4$ $\varphi = 6°3$ $a = 2°94$
(133) 321.3 7.2 8.0 3.06.

Von den 10 Planeten, welche seit dem letzten Berichte zum erstenmal seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (449), (453), (454), (455) und (456) beobachtet; von ältern bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(443) in der dritten Erscheinung
(429) „ „ vierten „
(418) „ „ fünften „
(401) „ „ sechsten „
(361) „ „ achten „
(314) „ „ neunten „

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluss der neu entdeckten, beträgt daher gegenwärtig (Anfang Februar 1902) 79.

Von den in frühern Berichten noch nicht mit Namen versehenen Planeten sind nunmehr die folgenden benannt worden: (353) Ruperto-Carola, (355) Gabriella, (356) Liguria, (358) Apollonia, (361) Bononia, (362) Havnia, (363) Padua, (364) Isara, (365) Corduba, (366) Vincentina, (367) Amicitia, (370) Modestia, (371) Bohemia, (372) Palma, (373) Melusina, (374) Burgundia, (375) Ursula, (376) Geometria, (377) Campania, (378) Holmia, (379) Huenna, (380) Fiducia, (381) Myrrha, (382) Dodona, (386) Siegena, (387) Aquitania, (388) Charybdis, (389) Industria, (390) Alma, (393) Lampetia, (397) Vienna, (399) Persephone, (402) Chloë, (403) Cyane, (404) Arsinoë, (405) Thia, (407) Arachne, (408) Fama, (409) Aspasia, (415) Palatia, (417) Suevia, (418) Alemannia, (419) Aurelia, (423) Diotima, (424) Gratia, (425) Cornelia, (432) Pythia, (435) Ella, (436) Patricia, (442) Eichsfeldia, (443) Photographica, (446) Aeternitas, (447) Valentine, (448) Natalie, (449) Hamburga, (450) Brigitta, (451) Patientia, (454) Mathesis, (455) Bruchsalia, (457) Alleghenia.

Messungen der Planetendurchmesser. Sowohl auf der Licksternwarte als auf dem Yerkesobservatorium hat Prof. Barnard zahlreiche Messungen der scheinbaren Durchmesser der Hauptplaneten, sowie der grössern Planetoiden und Trabanten des Sonnensystemes ausgeführt. Diese Messungen dürften sowohl in anbetracht der ausserordentlichen teleskopischen und mikrometrischen Hilfsmittel als der Erfahrungen des ausgezeichneten Beobachters und ebenso infolge ihrer Anzahl, den meisten andern Bestimmungen dieser Grössen an Genauigkeit überlegen sein. Prof. Barnard hat nunmehr diese sämtlichen Messungen zusammengestellt und Mittelwerte daraus abgeleitet,[1]) welche wohl bis auf weiteres als Normalwerte betrachtet werden können.

Merkur. Die Beobachtungen wurden im Juli 1898 und im August 1900 am 40-zolligen Refraktor bei Tage ausgeführt, wenn der Planet gut sichtbar war, so dass sie als nahezu frei von Irradiation betrachtet werden dürfen. Auf die mittlere Distanz der Erde von der Sonne reduziert, ergeben sie als definitiven Wert für den Durchmesser des Merkur 6.591″ oder 2965 englische Miles = 4780 *km*. Am 40-zolligen Refraktor zeigte sich auch unter den besten Luftverhältnissen keine Spur von jenen eigentümlichen Linien, welche andere Beobachter auf der Scheibe des Merkur gesehen haben wollen. Am 31. August 1900, als die Luft ausgezeichnet war, wurden drei oder vier dunkle Flecken auf der Merkurscheibe erkannt, ähnlich den Flecken, welche der Mond darbieten würde, wenn er so

[1]) Astron. Nachr. No. 3760.

weit entfernt wäre, dass er den nämlichen Winkeldurchmesser wie Merkur zeigte, und er durch den 40-zolligen Refraktor betrachtet würde. Einer der dunklen Flecken, welcher dem Zentrum der Merkurscheibe südlich vorauf stand, war besonders augenfällig; ein Versuch, ihn zu zeichnen, gelang nicht, da die Luft schlecht wurde.

Venus. Messungen an 8 Tagen, bei Sonnenschein, ergaben als scheinbaren Durchmesser 17.143″ = 7718 Miles = 12400 *km*. Flecken auf der Venusscheibe waren stets angedeutet, aber immer so schwach und unbestimmt, dass eine befriedigende zeichnerische Wiedergabe derselben nicht möglich war. Diese dunklen Flecken waren ähnlich denjenigen des Merkur, aber weit schwächer, keine Spur dagegen von schmalen dunklen Linien, wie solche einige Beobachter in den letzten Jahren gesehen haben wollen. Vergeblich war auch jeder Versuch, durch teilweise Bedeckung des Objektivglases, Benutzung von farbigen Schirmen und Veränderung der Vergrösserung ein deutlicheres Sehen solcher dunklen Flecken zu erzielen. Auch am 4-zolligen Sucher des grossen Refraktors war mit den verschiedensten Vergrösserungen nichts auf der Venusoberfläche zu erkennen, genau so wie auch die frühern Versuche Barnards am 12-zolligen Refraktor vergeblich waren. Die Meinung, dass in kleinen Instrumenten die Venusflecken besser sichtbar seien, eine Ansicht, die von mehrern Beobachtern ausgesprochen worden ist, muss also aufgegeben werden.

Mars. Im Mittel aus 9 Beobachtungsabenden ergiebt sich für den Äquatorialdurchmesser: 9.678″ = 4352 Miles = 7004 *km*; aus 11 Beobachtungsabenden für den Polardurchmesser 9.581″ = 4312 Miles = 6940 *km*.

Für die vier grössten Planetoiden giebt Prof. Barnard folgende Durchmesser;

Ceres:	1.060″	= 477 Miles	= 770 *km*
Pallas:	0.675	= 304 »	= 490 »
Juno:	0.266	= 120 »	= 190 »
Vesta:	0.531	= 239 »	= 380 »

Setzt man die lichtreflektierende Kraft (Albedo) der Marsoberfläche = 1, so erhält man für diejenige der vorgenannten Planetoiden nach Prof. Barnard folgende Werte: Ceres 0.67, Pallas 0.88, Juno 1.67, Vesta 2.77. Hiernach findet sich, worauf Prof. Barnard schon früher hinwies, für Vesta eine äusserst starke Lichtreflexion, während diese für Ceres relativ gering ist, auch erklärt sich weshalb Pallas immer als der grösste der kleinen Planeten betrachtet wurde, während in Wirklichkeit Ceres erheblich grösser ist. Diese Verschiedenheit in der Stärke der Lichtreflexion steht nicht ohne Analogie da, denn bei den vier hellen Jupitermonden finden sich ähnliche grosse Unterschiede.

Jupiter. Äquatorialdurchmesser: 38.522″ = 90190 Miles = 145100 *km*; Polardurchmesser: 36.122″ = 84570 Miles = 136100 *km*.

1. Jupitermond:	1.048″	= 2452 Miles	= 3950 *km*
2. »	0.847	= 2045 »	= 3290 »
3. »	1.512	= 3558 »	= 5720 »
4. »	1.430	= 3345 »	= 5380 »

Wenn der 5. Jupitermond, wie angenommen wird, einen Durchmesser von 100 Miles (161 *km*) besitzt, so würde sein scheinbarer Durchmesser 0.04″ betragen, viel zu klein, um in unsern heutigen Teleskopen messbar zu sein.

Das Saturnsystem. Äquatorialdurchmesser des Saturn: 17.798″ = 76 470 Miles = 123 000 *km*; Polardurchmesser: 16.246″ = 69 780 Miles = 112 300 *km*.

Ring des Saturn			
Äusserer Durchmesser des äussern Ringes	40.186″	= 172 610 Miles	= 277 800 *km*
Innerer Durchm. d. äussern Ringes	35.034	= 150 480 »	= 242 600 »
Mitte von Cassinis Trennungslinie	34.517	= 148 260 »	= 238 600 »
Äusserer Durchm. d. innern Ringes	34.000	= 145 990 »	= 238 900 »
Innerer » » » »	25.626	= 110 070 »	= 177 100 »
» » » Crapringes	20.528	= 88 190 »	= 142 000 »
Breite der Cassinischen Trennung	0.715	= 2220 »	= 3600 »
Saturnmond Titan: Durchmesser	0.638	= 2720 »	= 4400 »

Bei allen Beobachtungen des Crapringes am 36-Zoller erschien der innere Rand desselben bestimmt und scharf abgegrenzt; ebenso zeigte er sich am 40-Zoller. In der Nacht des 7. Juli 1898 bei ungewöhnlich guten Luftverhältnissen sah Prof. Barnard am 40-Zoller auf der Nordhemisphäre des Saturn und diese kreuzend zwei feine, schmale dunkle Streifen, die gegen die Ränder des Saturn in stärkerem Kontraste hervortraten. Der Nordpol des Planeten zeigte eine kleine dunkle Kappe, die aber nicht so dunkel erschien als im März und April 1895 am 36-Zoller. Von der Enckeschen Trennungslinie war keine Spur zu sehen.

Uranus. Äquatorialdurchmesser: 4.150″ = 35 820 Miles = 57 600 *km*; Polardurchmesser: 3.930″ = 33 921 Miles = 54 600 *km*. Der Planet erschien auch ohne Messung deutlich abgeplattet.

Neptun. Durchmesser: 2.433″ = 32 900 Miles = 52 900 *km*. Auf der Scheibe dieses Planeten wurden keinerlei Flecken gesehen, auch erschien sie stets völlig rund.

Bezüglich des Aussehens der kleinen Planeten, welche messbare Scheiben in dem grossen Fernrohre zeigen, bemerkt Prof. Barnard: »Dieselben erschienen bei guter Luft stets gut begrenzt und rund ohne Spur von fragmentarischer Form, wie solche beim Eros infolge von dessen Helligkeitsschwankungen vermutet wurde. Auf ihren Scheiben zeigte sich keine Spur von Flecken. Bei der grossen Annäherung des Eros an die Erde im Jahre 1924 muss dieser in Teleskopen, wie der 36-Zoller der Lickstenwarte oder der 40-Zoller des Yerkesobservatoriums, deutlich erkennen lassen, ob er ein runder Körper ist oder ein Fragment aus solchem oder aus zwei Körpern besteht, wie vermutet worden ist.

Beobachtungen des Jupiter während des Juli bis Sept. 1901 wurden von J. Gleehill auf E. Crossleys Observatorium, Bermesidd, Halifax, angestellt. Als Instrument diente ein 9-zolliger Cookescher Refraktor mit 150- bis 240 facher Vergrösserung. Der tiefe Stand des Planeten und ungünstiges Wetter beeinträchtigten die Beobachtungen sehr. Die einzige in die Augen springende Formation auf der Jupiterscheibe war ein breiter, dunkler Doppelstreifen südlich vom Äquator. Der Raum zwischen diesem Streifen war nicht hell, und die Trennung überhaupt schwer wahrzunehmen. Der rote Fleck wurde nicht gesehen, wohl aber an seinem Orte einige Male ein graues Fleckchen. das wahrscheinlich dem östlichen Ende des Fleckes entsprach. In der äquatorialen Zone konnte auch kein bestimmtes Detail wahrgenommen werden. Die nördliche Komponente des oben genannten Doppelstreifens war gewöhnlich dunkler als die andere und zeigte mehrere dunkle Fleckchen, von denen eins etwas in die hellere Zentralzone hineinragte.

Saturn durch die Cassinische Spalte sichtbar. C. T. Whitmell hat darauf hingewiesen, dass um die Zeit des 17. Juli 1902 der Ring des Saturn eine solche Lage gegen die Erde besitzen werde, dass man von dieser aus durch die Cassinische Trennungslinie auf den Planeten herabsehen könne. Demnach werde diese Trennungsspalte vor der Saturnscheibe nicht wie sonst (wegen des Schattens, den sie auf Saturn wirft) schwarz erscheinen. Diese Vorausbestimmung hat sich bestätigt. Der Präsident der Astron. Gesellschaft zu Leeds, Mr. Townshend, hatte Gelegenheit, bei günstiger Witterung den Saturn und seinen Ring am 15. Juli 1902 zu beobachten und sah die Cassinische Linie über die ganze Ringoberfläche, auch vor der Scheibe des Saturn. Am 17. Juli war sie dagegen vor der letztern unsichtbar. Auch Mr. Whitmell hat am 17. Juli mit einem 9-zolligen Refraktor vergeblich nach der Fortsetzung dieser schwarzen Linie auf der Strecke vor der Scheibe des Saturn gesucht.

Der Schatten der Saturnkugel auf den Ringen des Saturn. Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts haben verschiedene Beobachter die Wahrnehmung gemacht, dass der Schatten, welchen Saturn auf seinen Ring wirft, nicht selten eine Begrenzung zeigt, die mit der Voraussetzung einer ebenen Ringfläche perspektivisch nicht zu vereinigen ist. Einzelheiten hierüber sind in zahlreichen Bänden des »Sirius« enthalten. Auch die dort gelegentlich gegebenen Abbildungen des Saturn und seiner Ringe zeigen fast alle eine anormale Begrenzung des Schattens der Saturnkugel, die hauptsächlich darin besteht, dass dieser Schatten auf der Ringfläche konkav gegen den Saturn hin gekrümmt erscheint; zu andern Zeiten zeigt er sich entschieden dreieckig. In neuerer Zeit hat sich nun

Dr. Wonaszek auf der Sternwarte Kis-Kartal in Ungarn eingehend mit Beobachtungen dieser Schattengestalt beschäftigt und ist nunmehr zu dem Ergebnisse gekommen, dass diese anormale Schattenform periodisch wiederkehrt.[1]) Aus seiner Abhandlung sei folgendes hier hervorgehoben: Den Beobachtungen gemäss ist die Erscheinung vor und nach der Quadratur, wenn Saturn und Sonne 90° in Länge voneinander abstehen, möglich. Die anormale Schattenerscheinung zeigt sich frühestens, wenn Saturn noch um einen Bogen von 56° 10.6′ von der Quadratur entfernt steht, und spätestens wenn er 34° 16.6′ über die Quadratur hinaus ist. Der konkave Schatten erscheint also vor der Quadratur bei grösserer Elongation als nach derselben.

Die Beobachtungen zeigen, dass die Schattenerscheinung zwischen den Grenzen der grössten Elongationen um die Quadraturen herum in jeder Lage vorkommen kann.

Es fand sich aber auch, dass der konkave Schatten in einer Reihe von Jahren nicht regelmässig bei derselben relativen Lage des Planeten vorkommt; vielmehr zeigen die Beobachtungen, dass der konkave Schatten einige Jahre nacheinander vor der Quadratur, dann aber einige Jahre nacheinander nach der Quadratur aufgetreten ist.

Dieser Wechsel um die Quadratur herum weist eine Regelmässigkeit auf, die auf eine weitere Periodizität der Erscheinung deutet.

Der konkave Schatten erschien im Jahre

1895	nach der Quadratur	2	Tage
1896	» » »	28	»
1897	vor der Quadratur	4	»
1898	» » »	27	»
1899	» » »	56	»
1900	nach der Quadratur	4	»

Eine hiernach gezeichnete Kurve zeigt also einen minimalen Wert im Jahre 1896 und einen maximalen Wert im Jahre 1899. Demnach deutet sie auf eine fünfjährige Periode der Erscheinung, wobei der konkave Schatten 3 Jahre nacheinander vor der Quadratur bei stetig wachsender Elongation, 2 Jahre nacheinander aber nach der Quadratur zu beobachten wäre.

Im Jahre 1901 war demnach ein Minimum der Kurve zu erwarten, das heisst, die Schattenerscheinung musste nach der Quadratur um 28—30 Tage zu beobachten sein, bei einer maximalen Elongation von 34° 16.6′.

Die Erscheinung besitzt nicht eine blosse optische Bedeutung, sondern hängt mit der Frage der Oberflächengestalt der Ringe eng zusammen, worüber Dr. Wonaszek sich wie folgt äussert:

---

[1]) A Kis-Kartalu Csillaquizsgàlò-Intízet Tevékenysège III. Buda-Pest 1901.

Wäre die Oberfläche des Ringsystemes beständig eine Ebene oder beständig cylindrisch, so müsste der Schatten der Kugel auf den Ringen auch beständig dieselbe Form zeigen gegen die Erde um die Quadraturen herum.

Die Projektion einer Kugel auf die Ebene kann nur eine zu der Kugel gekrümmte Begrenzung haben, deren Krümmung je nach der Lage der Ebene und nach der Richtung der Projektion wechselt.

Wäre also die Flächengestaltung des Ringsystemes beständig eine Ebene, dann hätte der Schatten der Kugel auf der Ebene beständig eine zu der Kugel gewendete krumme Begrenzung, deren Krümmung sich je nach der Lage der Ebene und nach der Richtung der Sonnenstrahlen ändern müsste.

Die konkave Schattenerscheinung deutet eine konische Flächengestaltung des Ringsystemes an; es scheint auch, dass die Ebenen der einzelnen Ringe zeitweise gegeneinander Neigungen haben, die sich bisweilen bilden und wieder verschwinden.

Das Ringsystem des Saturn würde dann als ein Cardanisches System einer Bussole aufzufassen sein, wobei die einzelnen Ringe, wie an Axen befestigt, kleine Schwingungen ausüben. Die Axen der einzelnen Ringe können miteinander einen rechten oder einen nach Umständen wechselnden Winkel bilden, der durch wahrscheinlich periodisch wirkende Attraktionen periodische Schwankungen aufweist.

Die verschiedene Beleuchtung der einzelnen Ringe würde auch ganz ungezwungen zu deuten sein durch die Annahme einer konischen Flächengestaltung des Ringsystemes.

Wenn die Ebenen der Ringe gegeneinander veränderliche Neigungen haben, werden auch die einzelnen Flächen entsprechend wechselnde Beleuchtung von der Sonne empfangen; es entsteht also eine verschiedene Belichtung der Flächen, wodurch wir die einzelnen Ringe in verschiedener Beleuchtung sehen, was die Beobachtungen bestätigt haben.

Das Ringsystem besteht nach der Maxwellschen Theorie aus unermesslich vielen kleinen Körperchen, es ist eine Art leuchtende Wolke.

Die Verteilung der Partikelchen in den Ringen hängt teils von Attraktionen, die dem Systeme innewohnen, teils von solchen ab, die in den kosmischen Verhältnissen ihren Ursprung haben. Da sich die Attraktionsverhältnisse des Systemes und auch der Umgebung — durch Veränderung der Lage der Massen — mit der Zeit umgestalten, wird sich auch die Verteilung der Partikelchen in den Ringen zeitweise ändern. Demzufolge unterliegt die ganze Oberfläche des Ringsystemes gewissen Veränderungen, die durch die Verteilung der kosmischen Massen bedingt sind.

Der verschiedenen Beleuchtung der einzelnen Ringe gemäss würde der dunkle Ring aus weniger dicht zusammengedrängten Par-

tikelchen bestehend anzunehmen sein, dagegen enthalten die hellen Ringe die Partikelchen mehr gedrängt.

Das Auftreten und Verschwinden der Teilungen in den Ringen ist durch die wechselnden Neigungen der Ringebenen leicht verständlich. Wenn die Attraktionsverhältnisse die Verteilung der Partikelchen und die Neigungen der Ringebenen günstig gestalten, wird sich eine Zweiteilung der Ringe bilden; sobald sich aber die Attraktionsverhältnisse ändern, schliessen sich die Ringe wieder zusammen.

Die Theorie über die Flächengestaltung des Ringsystemes wäre also in den folgenden Punkten zu ergänzen:

1. Die Flächengestalt der Saturnringe besitzt eine konische Krümmung.

2. Die konische Krümmung der Ringfläche ist veränderlich, wegen der Veränderungen der innern und äussern Attraktionsverhältnisse.

3. Die Ebenen der einzelnen Ringe haben zeitweise wechselnde Neigungen zu einander, wodurch sich die Ebenen auch teilweise decken können.

4. Die Verteilung der Partikelchen in den einzelnen Ringen kann sich auch derart ändern, dass in den Ringen Trennungen entstehen, die wieder verschwinden, wenn sich die günstigen Attraktionsverhältnisse geändert haben.

Die Durchmesser der Saturnsmonde Titan und Japetus sind von Dr. J. J. See am 26-zolligen Refraktor zu Washington untersucht worden.[1]) Er findet, dass beide in dem grossen Refraktor messbare Scheiben zeigen, und giebt als definitiven Mittelwert für Titan 0.73″ entsprechend einem wahren Durchmesser von 5049 *km*. Der Durchmesser des Japetus ist erheblich kleiner und steht ziemlich an der Grenze der Wahrnehmbarkeit, doch hält Dr. See für sicher, dass dieser Mond im Washingtoner Refraktor eine kleine Scheibe zeigt. Den Scheibendurchmesser desselben schätzt er auf 0.19″, was auf einen wahren von 1300 *km* führen würde.

Spektrographische Aufnahmen des Planeten Uranus hat H. Deslandres in Meudon bei Paris ausgeführt zu dem Zwecke, aus der etwaigen Verschiebung von Spektrallinien Auskunft über die Rotation dieses Planeten zu gewinnen.[2]) Diese Aufnahmen ergaben, dass der nordöstliche Rand der Uranusscheibe eine von der Erde abgewandte, der südwestliche eine auf diese hin gerichtete Bewegung besitzt. Hieraus folgt, dass Uranus in der Richtung von Ost nach West rotiert, und der Äquator desselben sehr stark gegen

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3764.
[2]) Compt. rend. 135. p. 472.

die Bahnebene geneigt ist. Es findet also Übereinstimmung der Rotationsrichtung des Planeten mit der Umlaufsrichtung seiner Trabanten statt. Auch den Planeten Neptun hat Deslandres in der nämlichen Absicht untersucht, ohne jedoch zu sichern Ergebnissen bis jetzt gelangt zu sein.

Mond.

Untersuchungen über die westlichen Randgegenden der Mondscheibe. Die starken optischen Verzerrungen, in denen sich für uns die Randpartien des Mondes darstellen, geben natürlich auf der Mondkarte ein ganz unrichtiges Bild der wirklichen Gestalten der randlichen Gebirgserhebungen. Wie sehr dieses der Fall sein muss, erkennt man sofort, wenn man etwa die östliche Halbkugel der Erde in orthographischer Projektion mit derjenigen in stereographischer Projektion, welche sich in den Erdatlanten findet, vergleicht. Diese letztere giebt eine richtige perspektivische Darstellung, welche in den kleinsten Teilen ähnlich und ohne Verzerrung erscheint. Es ist nun aus selenographischen wie selenologischen Gründen sehr wichtig, wenigstens die uns noch sichtbaren Randpartien des Mondes so weit aufzudecken, dass sie in stereographischer Projektion neben den mehr zentralen Teilen dargestellt und mit diesen verglichen werden können. Wollte man dies auf dem Wege der unmittelbaren Messung und Zeichnung an der Mondscheibe selbst erreichen, so würde die Arbeit sehr weitschweifig und auch wesentlich ungenau werden, was auch einer der Gründe war, welche die bisherigen Selenographen bestimmte, ihre Karten in orthographischer Projektion zu entwerfen. Die photographischen Aufnahmen des Mondes, welche in neuester Zeit erhalten wurden, haben jedoch nach dieser Richtung hin bessere Aussichten eröffnet. Prof. Dr. Julius Franz in Breslau unternahm es nun, die Randgegenden des Mondes in stereographischer Projektion darzustellen. Den bis jetzt ausgeführten Teil seiner Arbeit hat er in der Festschrift veröffentlicht, welche die Universitäts-Sternwarte in Breslau zum 90. Geburtstag des Prof. Galle diesem gewidmet hat.

Um das angedeutete Ziel zu erreichen, sind Messungen der Randgegenden bei günstigen Librationen erforderlich, und von solchen ist in der erwähnten Arbeit ein Anfang gemacht worden. Zugleich wurden die Lücken ausgefüllt in der erwähnten Arbeit, welche die früher von Prof. Dr. Franz bestimmten 150 Krater besonders in der Umgebung von Tycho zeigen, weil auf den dort angewandten photographischen Vollmondplatten wegen Überstrahlung kaum Objekte aufzufinden waren. Nachdem nämlich durch jene 150 Krater jetzt genügende Fixpunkte gewonnen sind, ist es möglich, sie als Normal-

punkte zur Ausmessung von Mondbildern anzuwenden, die nur einen Teil der Oberfläche beleuchtet zeigen.

Die neue Arbeit von Prof. Dr. Franz soll nur als Anfang der auf das genannte Ziel gerichteten Untersuchungen dienen, da sie nur den südwestlichen Teil des Mondrandes behandelt. Auch sollen die in ihr gemessenen 160 Mondobjekte durch weitere Messungen an andern Platten wiederholt bestimmt werden. Wenn also die Arbeit das gesteckte Ziel noch nicht ganz erreicht, so ist es doch wichtig, die Ausmessung eines Mondbildes in sich abzuschliessen, um aus derselben für die weitern Untersuchungen Erfahrung und Lehre zu ziehen. Über die den Messungen zu Grunde liegenden photographischen Platten bemerkt Prof. Franz folgendes:

»Als ich im Oktober 1901 die neuen grossen Repsoldschen Meridianinstrumente der Breslauer Sternwarte, für die leider der Platz zur Aufstellung noch fehlt, besichtigt hatte, übergab mir auf der Rückreise in Potsdam der Direktor der dortigen Sternwarte, Prof. Dr. H. C. Vogel, zwei von seinem Assistenten Prof. Dr. J. Hartmann am grossen Refraktor von 80 *cm* Öffnung aufgenommene schöne Mondbilder, Originalnegative auf Glasplatten vom 9. und 13. Januar 1900. Sie sind scharf auf Kontrast entwickelt und mit äusserst feinem Korne in der Gelatineschicht, so fein, dass es schwierig ist, das Mikroskop auf das Korn zu fokusieren. Freilich waren die Platten hauptsächlich mit Rücksicht auf die Deutlichkeit der Gegenden bei der Lichtgrenze entwickelt, und es mussten die lichtreichen und im Negativ zu dunklen Gegenden des Westrandes durch Anwendung von Gasglühlicht aufgehellt werden. Von diesen beiden Bildern liegt das erstere, weil es eine stärkere Libration zeigt, der folgenden Ausmessung allein zu Grunde. Es wird hier als Platte VI bezeichnet, weil es die sechste in Breslau ausgemessene Mondphotographie ist. Die Konstanten der Platten VI sind u. a.: Aufnahmezeit = 1900 Jan. 9., $5^h\ 40^m$ M. E. Z. Alter des Mondes = 8.12 Tage. Durchmesser = 113132 *mm*. Positionswinkel des Mondnordpols an der Mitte der Mondscheibe = — $20^0\ 24'.57$. Selenographische Koordinaten der Mitte der Mondscheibe $\lambda^0 + 5^0\ 57'.06, \beta^0 - 3^0\ 56'.11$, welche auch Libration in Länge und Breite genannt werden. Gesamtlibration = $7^0\ 8'.07$ nach dem Positionswinkel $123^0\ 28'.5$, so dass am günstigsten der Punkt des Westrandes aufgedeckt wurde, der die Breite — $33^0\ 28'.5$ hatte, und bei welchem der Mondfleck Marinus E liegt. Hiernach war das Mare Australe, besonders sein nördlicher Teil, in ziemlich günstiger Libration; auch das Mare Smythii hatte fast eine ähnlich günstige Lage. Überhaupt konnte der Westrand und besonders der Südwestrand des Mondes durchforscht und hier mancherlei Neues gefunden werden. Dagegen musste im Nordwesten vermieden werden, zu nahe an den Rand zu gehen, weil bei dieser Platte VI hier die Messungen wegen ungünstiger Libration keine befriedigenden Resultate hätte liefern können.«

Der Abhandlung ist ein Lichtdruck der ausgemessenen Platte VI beigefügt. Er giebt, durch ein Vergrösserungsglas betrachtet, Auskunft über die Qualitäten der gemessenen Objekte.

Ferner hat Prof. Franz ein Bild des Mondes und der gemessenen Formationen in stereographischer Projektion gezeichnet. Dies soll keine Mondkarte sein, sondern als Schlüssel zum Kataloge, als Legende oder Indexmap dienen und enthält deshalb hauptsächlich die gemessenen Gebilde. Zur Orientierung sind auch die Meere mit aufgezeichnet, und zwar die der Westseite genauer nach Platte VI, während die Meere der Ostseite nur ungefähr angedeutet werden konnten, da er diese später bei Durchforschung des Ostrandes genauer darzustellen gedenkt. Am Ostrande sind auch zwischen — 15° und — 30° einige neue Meere angedeutet, die Prof. Franz mit dem Fernrohre aufgefunden hat. Die jetzt gemessenen Objekte sind im Kataloge mit No. 151—308 numeriert, und kommen unter ihnen auch von den früher gemessenen 150 Kratern 59 Hansen A und 126 Seneca A vor, so dass im ganzen 160 Objekte für diese Abhandlung gemessen sind.

Es zeigte sich notwendig, einige neue Namen und Buchstaben einzuführen, weil ohne solche die gemessenen Gebilde nicht zu bezeichnen waren. Überhaupt hat Prof. Franz das Fehlen von Namen oft als Hindernis empfunden und öfter schöne Objekte nur deshalb nicht in das Messungsprogramm aufgenommen, weil ihnen Namen fehlten, und er sie nicht gleich zu bezeichnen wusste.

Für 4 Meere, welche von den frühern Zeichnern der Mondoberfläche teils nicht gesehen, teils unbeachtet gelassen wurden, weil diese meist in der Nähe der Lichtgrenze zeichneten, und dort die Meere kaum sichtbar bleiben, mussten neue Namen eingeführt werden. Dieselben sind mit * bezeichnet, neue Buchstaben ebenfalls mit *. Diese sind:

1. Mare Spumans * in $\lambda + 63^0$ $\beta + 1^0$, ein am Rande des M. Foecunditatis liegendes, sehr dunkles Meer. Sein Hauptkörper a*, b*, c*, d* gleicht einer Blume (Campanula) oder einem vierblättrigen Kleeblatte, mit Stengel nordwärts bis e*, und ist von vielen Kratermeeren, zu denen man auch 264 Apollonis und vielleicht 271 Firmicus mit seiner nordöstlichen dunklen Nachbarfläche rechnen kann, wie von brandenden Schaumtropfen umgeben. Man könnte dies Meer freilich auch als einen Ausläufer des Mare Foecunditatis betrachten, doch hebt es sich so charakteristisch von diesem ab, dass es und seine einzelnen Teile zur Bezeichnung Namen erfordern. Prof. Franz hat es auf allen ihm zugänglichen Mondkarten vermisst und nur auf Schmidts Karte die »Blume« angedeutet gefunden.

2. Mare Undarum * in $\lambda + 68^0$ $\beta + 7^0$. Auch dieses ist sehr dunkel und schön ausgeprägt und besteht der Hauptsache nach aus vier von Nord nach Süd sich erstreckenden wellenähnlichen Streifen, nämlich 1. h* und i*, 2. a*, 3. b* mit f* und g*, 4. c* und e*, von denen sich die drei letzten wellenförmigen Streifen in der Nordspitze d*

vereinigen. Der Anblick im Fernrohre bei günstiger Libration zeigt, dass das Mare Undarum eine homogene dunkle Fläche ist, die nur durch einzelne helle Gebirge in vier streifenförmige Wellen zerteilt ist.

3. Mare Marginis * von $\lambda + 76^0$ bis über 90^0 hinaus, und von $\beta + 9^0$ bis $+ 24^0$, das umfangreichste der vier neuen Meere. Die Ostseite zeigt wegen ihrer günstigen Sichtbarkeit interessante Einzelheiten, so die Figur a* b*, zwei flügelförmige nach West konvexe Bogen, dem Abbilde eines fliegenden Vogels vergleichbar (Taube mit Ölblatt d*). Besonders dunkel sind an der Nordseite die Nuss $\lambda + 83^0$, $\beta + 18^0$ im Rachen und die ähnliche Nuss $\lambda + 87^0$, $\beta + 17^0$ am Halse unter der Kinnlade, auch die Nase von g* bis in die Mitte der Ostküste. Der Schopf bei f* erschien im Fernrohre mehr rund als auf der Figur. Auch 273 Neper ist zu den Ausläufern dieses Meeres zu rechnen, obgleich dies Gebilde von dem Hauptkörper des Meeres deutlich getrennt ist. Denn Neper ist eine isolierte, unregelmässige dunkle Fläche, deren helles Zentralgebilde als 273 gemessen ist. Es ergab sich Platte VI: $\lambda + 84^0\ 12'.0$, $\beta + 80^0\ 40'.0$, Platte III (bisher unveröffentlicht): $\lambda + 84^0\ 6'.30$, $\beta + 8^0\ 42'.56$.

4. Mare Anguis * in $\lambda + 67^0$, $\beta + 23^0$. Es besteht aus drei nach West konvexen Windungen, von denen die beiden südlichen die grössten und dunkelsten sind. Die südliche Windung biegt an ihrem Südende ganz nach Nordwest um. Östlich von dieser Umbiegung ist in einem dunklen Kopfe ein heller Augenpunkt, als 280 gemessen. 284 ist das Nordende der dritten nördlichsten und weniger dunklen Windung. Das Meer hätte, wie sich später bei günstiger Libration im Fernrohre zeigte, in stereographischer Projektion doppelt so breit gezeichnet werden sollen, als es geschehen ist. Man kann es als Ausläufer des Mare Crisium betrachten. Es verdient aber besondere Bezeichnung.

Über die andern Westmeere bemerkt Prof. Franz folgendes: Mare Smythii ist heller als die vier oben genannten Meere und enthält eine grosse Anzahl heller Punkte. Schmidt nennt es Kästner und sagt Erläuterungsband pag. 208: »Das Mare Smythii der englischen Selenographen ist nur bei günstiger Libration des Mondes sichtbar westlich vom Mädlerschen Kästner. Mir scheint aber Schröter das Mare selbst mit Kästner zu bezeichnen.« Mädler zeichnet Kästner von -9^0 bis -4^0 Breite, Schmidt von -8^0 bis $+6^0$ Breite, und bei ihm hebt sich ein Kratermeer (vielleicht Mädlers Kästner) von -8^0 bis -5^0 Breite deutlich von dem schmalen gleichmässigen Randstreifen des Hauptmeeres ab.

Mare Humboldtianum hat Prof. Franz nach dem Fernrohre gezeichnet und bei abnehmendem Monde gesehen, dass es in einem grossen Ringgebirge liegt. Dies zeichnet Mädler auf der letzten Tafel am Schlusse seines Werkes: »Der Mond«, und eine von ihm dort hell gezeichnete Bergader giebt ziemlich genau den Ostrand des dunklen Mare an.

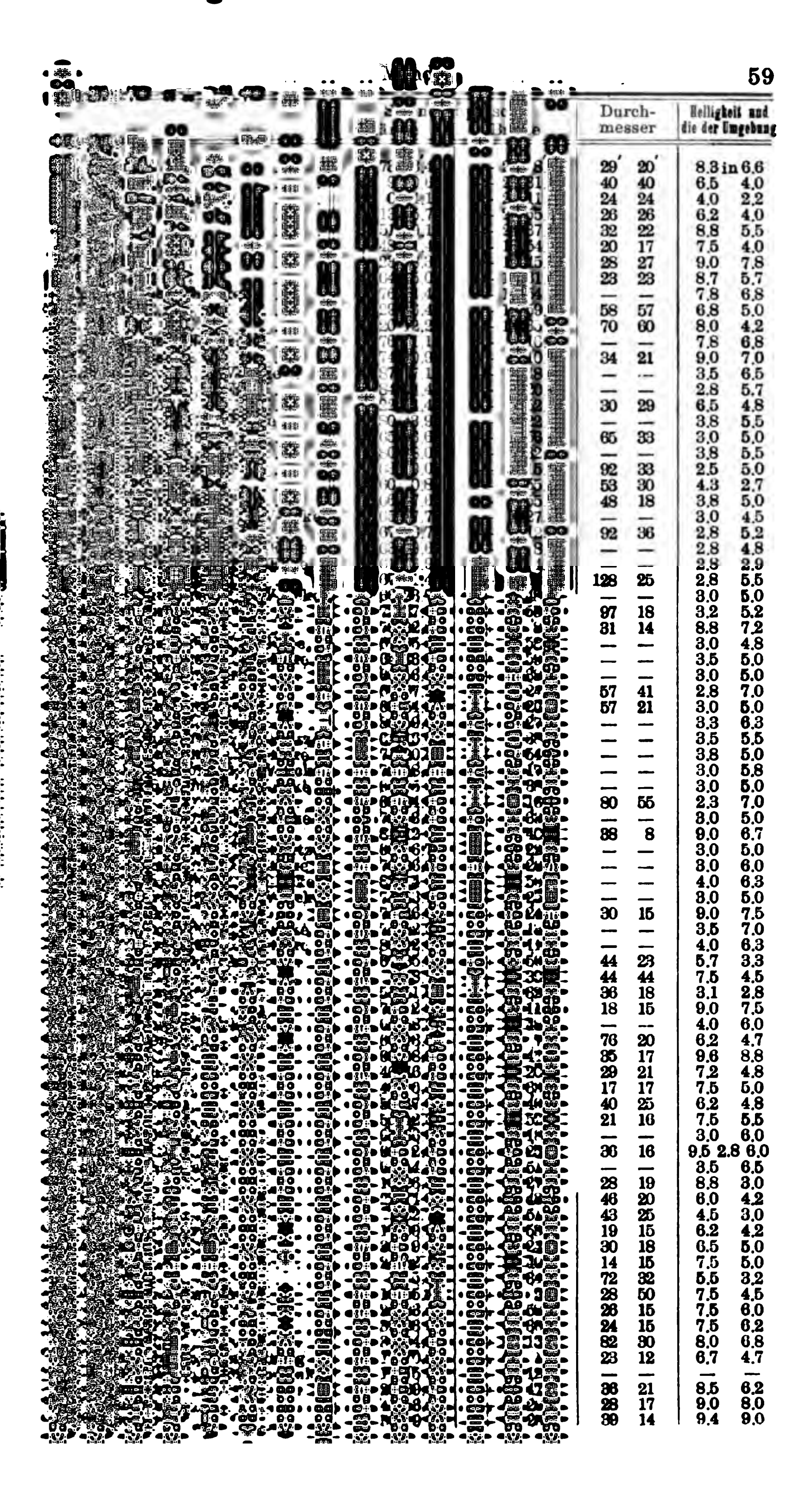
Mare Australe konnte wegen ziemlich günstiger Libration der Platte VI detailliert gezeichnet werden, doch hofft Prof. Franz, die südwestlichen Teile bei günstigerer Libration später noch vermessen und besser darstellen zu können. Die Namen c, d, e, sind von Mädler, der diese zu Vega rechnet, e wird von Gaudibert und Schmidt Brisbane genannt, d von Schmidt Peirescius. Schmidt zeichnet aber beide hell, während sie dunkel sind, f* ist sehr klein, h* und besonders g* sind sehr schöne neue gefundene Meeresteile. An der Ostseite von g befindet sich ein Einschnitt (Kap oder Landzunge) 186 s*. Dieser Einschnitt ist vielleicht nur scheinbar und kann vielleicht die Verdeckung des Randes durch einen hellen Gipfel sein. A* und D* sind helle Punkte in dunkler Umgebung. Die gleichfalls hellen β und γ fand Prof. Franz auf Neisons Karte. Zu den Ausläufern des Mare Australe kann man ausser dem runden Hanno und dem unregelmässig geformten Oken noch Marinus d und das neue runde Meer Abel* rechnen, südwestlich von Legendre. Dies hat Prof. Franz zum Andenken an den norwegischen Mathematiker benannt, der die Erweiterung der von Legendre zuerst behandelten elliptischen Integrale und ihre Umkehrungen, jetzt als Abelsche Funktionen bezeichnet, gegeben hat. Nordwestlich von Abel* befindet sich noch ein noch unbenanntes Meer, im Innern und am Südostrande heller. Endlich hat der Innenrand von W. Humboldt in $\lambda + 80^0$, $\beta - 28^0$ stellenweise auffallend dunkle Meeresfarbe. Diese 7 Westmeere haben neue Gebilde in unerwartet reicher Fülle enthüllt.

Auch einige Krater mussten wegen Fehlens der Namen hier neu bezeichnet werden. So liegt jenseits Boguslawski ein grosser Krater, den auch Schmidt auf seiner Mondkarte ausführlich zeichnet. Sein Mittelpunkt berechnet sich mit Hilfe sphärischer Dreiecke aus den gemessenen Scheiteln der Projektionsellipse zu $\lambda + 59^0\ 5'.3$, $\beta - 78^0\ 50'.2$. Prof. Franz wollte diesen Krater ursprünglich Galle nennen, weil Galle Nachfolger von Boguslawski als Direktor der Breslauer Sternwarte ist; doch bemerkte er darauf, dass Schmidt für Lohrmanns Mondkarte den Krater Aristoteles B in $\lambda = + 22^0\ 14'.9$ und $\beta = + 55^0 43'.6$ schon »Galle« benannt hatte und im Erläuterungsband Seite 228 hervorhebt, dass er auf diesen Namen nicht verzichten kann. Deshalb wurde für 294 Schmidts Name Galle beibehalten und der Krater am Südpole jenseits Boguslawski mit Jungnitz benannt, zum Andenken an den Vorgänger von Boguslawski und ersten Direktor der Breslauer Sternwarte, über dessen Leben und Thätigkeit Galle in seinen Mitteilungen der Breslauer Sternwarte von 1879 Bericht erstattet hat.

Der durchweg sehr helle Krater 212 westlich von Oken wurde Kelvin* genannt, weil Lord Kelvin (früher W. Thomson) auch über Naturphilosophie geschrieben hat, wenn auch in ganz anderer Richtung als Oken.

…te	Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
18.4	—′	—′	8.7 in	7.0
27.1	29	16	8.7	7.0
41.8	53	20	9 u.0	0 u.5
19.2	—	—	8.5	0
9.0	—	—	0.7	8.0
15.4	—	—	0	7.8
5.2	—	—	7	1
32.1	—	—	7	1
54.4	38	16	9 u.1	5.2
26.7	32	16	9.5	7.0
4.0	—	—	8.8	6.5
54.4	—	—	8.0	7.5
48.7	62	12	8.3	7.7
59.9	55	15	7.5	5.8
0.0	—	—	1.7	7.7
32.0	28	17	6.2	2.2
22.4	—	—	8.0	6.0
0.8	—	—	0.5	5.5
28.9	88	32	8.5	6.5
50.3	47	15	8.8	6.8
49.2	31	15	5.8	5.0
48.7	78	30	8.2	5.8
51.1	38	24	7.8	3.5
36.4	33	14	7.8	5.5
35.0	93	24	1.5	6.5
38.6	30	18	5.0	3.2
28.6	18	18	5.3	3.3
12.6	55	27	7.8	5.0
40.4	18	18	4.0	3.0
26.7	34	18	7.2	4.0
15.2	15	15	5.2	3.8
46.2	—	—	3.0	5.3
20.5	—	—	3.0	5.2
36.2	31	18	5.2	3.5
22.1	30	15	3.2	5.0
30.4	—	—	4.0	5.0
29.1	—	—	3.0	5.2
0.2	89	24	2.8	5.8
37.3	20	15	7.5	5.5
20.3	19	16	9.5	7.2
20.0	32	21	6.1	4.0
11.3	35	21	5.5	3.8
19.2	—	—	3.3	5.3
3.4	60	18	2.8	5.2
2.2	32	22	5.5	3.8
36.6	33	21	9.2	7.0
45.8	48	16	6.8	5.8
11.9	78	25	4.0	5.0
53.5	16	16	5.0	3.5
48.7	34	21	7.3	5.3
43.0	39	26	8.2	5.5
42.5	53	16	5.0	3.0
38.0	38	27	8.2	5.5
13.5	22	19	8.4	5.6
50.3	42	27	8.2	5.5
41.2	—	—	—	—
20.6	—	—	—	—
41.7	109	37	1.7	6.3
35.7	40	29	8.2	5.7
31.4	23	18	7.2	5.2
26.6	34	33	5.0	3.8
43.3	126	39	8.8	7.8
37.3	32	25	7.2	3.8
19.9	—	—	—	—
7.6	29	17	8.2	6.2
56.2	39	44	8.8	5.2
25.4	33	27	6.0	3.8
2.6	42	27	8.2	6.2
32.9	25	18	8.5	6.5
19.3	82	27	3.8	7.5
32.9	21	20	7.6	4.2
18.2	29	21	8.2	6.2
47.7	—	—	4.5	8.5
36.7	15	15	10.0	9.0
17.8	—	—	4.5	8.5
41.7	28	25	6.8	3.8
2.2	23	23	6.0	4.2
47.5	18	18	9.9	8.9
31.4	62	33	9.2	7.4
34.8	38	32	6.0	4.5





Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
29′	20′	8.3 in	6.6
40	40	6.5	4.0
24	24	4.0	2.2
26	26	6.2	4.0
32	22	8.8	5.5
20	17	7.5	4.0
28	27	9.0	7.8
23	23	8.7	5.7
—	—	7.8	6.8
58	57	6.8	5.0
70	60	8.0	4.2
—	—	7.8	6.8
34	21	9.0	7.0
—	—	3.5	6.5
—	—	2.8	5.7
30	29	6.5	4.8
—	—	3.8	5.5
65	33	3.0	5.0
—	—	3.8	5.5
92	33	2.5	5.0
53	30	4.3	2.7
48	18	3.8	5.0
—	—	3.0	4.5
92	36	2.8	5.2
—	—	2.8	4.8
—	—	2.8	2.9
128	25	2.8	5.5
—	—	3.0	5.0
97	18	3.2	5.2
31	14	8.8	7.2
—	—	3.0	4.8
—	—	3.5	5.0
—	—	3.0	5.0
57	41	2.8	7.0
57	21	3.0	6.0
—	—	3.3	6.3
—	—	3.5	5.5
—	—	3.8	5.0
—	—	3.0	5.8
—	—	3.0	5.0
80	55	2.3	7.0
—	—	3.0	5.0
88	8	9.0	6.7
—	—	3.0	5.0
—	—	3.0	6.0
—	—	4.0	6.3
—	—	3.0	5.0
30	15	9.0	7.5
—	—	3.5	7.0
—	—	4.0	6.3
44	23	5.7	3.3
44	44	7.5	4.5
36	18	3.1	2.8
18	15	9.0	7.5
—	—	4.0	6.0
76	20	6.2	4.7
35	17	9.6	8.8
29	21	7.2	4.8
17	17	7.5	5.0
40	25	6.2	4.8
21	16	7.5	5.5
—	—	3.0	6.0
36	16	9.5 2.8	6.0
—	—	3.5	6.5
28	19	8.8	3.0
46	20	6.0	4.2
43	25	4.5	3.0
19	15	6.2	4.2
30	18	6.5	5.0
14	15	7.5	5.0
72	32	5.5	3.2
28	50	7.5	4.5
26	15	7.5	6.0
24	15	7.5	6.2
82	30	8.0	6.8
23	12	6.7	4.7
—	—	—	—
38	21	8.5	6.2
28	17	9.0	8.0
39	14	9.4	9.0

Der Krater Gauss in $\lambda = + 73^0$, $\beta = + 34^0$ ist von Mädler und Neison zu lang und zu weit nördlich gezeichnet. Randwärts von ihm und etwas nördlicher liegt ein mindestens ebenso langer, aber schmalerer Krater, den man nach dem gleichfalls Göttinger Mathematiker mit Riemann* bezeichnen könnte. Letzterer fehlt bei Lohrmann, Mädler und Neison; beide Krater werden aber von Schmidt und Gaudibert richtig gezeichnet. Beide sind nur in der Nähe der Lichtgrenze sichtbar, verschwinden daher vollständig auf der Photographie. Prof. Franz hat am 23. April 1902 Riemann* bei Sonnenuntergang, am 24. April Gauss auch bei Sonnenuntergang und am 10. Mai letztern bei Sonnenaufgang im Fernrohre gesehen. Der Name Neumayer ist von Schmidt für den Krater $\lambda = + 77^0$, $\beta = - 71^0$ eingeführt.

Prof. Franz giebt alles nötige Detail über seine Ausmessungen der Platten und einen Katalog der neu bestimmten Krater und Randpunkte, welcher deren selenographische Länge, Breite und Durchmesser, sowie die geschätzte Helligkeit der Umgebung enthält.

Im Anschlusse an den ersten Katalog von 150 neu bestimmten Objekten [1]) folgt auf S. 58 und 59 auch dieses 2. Verzeichnis.

Über den Bau und die Bildungsgeschichte der Mondrinde stellten Loewy und Puiseux gelegentlich der Ausgabe des 5. und 6. Heftes des Pariser photographischen Mondatlas einige Betrachtungen an.[2]) Sie finden, dass die Oberflächenfaltungen, die so ausgedehnt und so mannigfaltig auf der Erdkugel angetroffen werden, auf dem Monde nur eine verschwindende Rolle spielen. Von einem Pole zum andern sind es vielmehr die Streckungen (étirements) und die Dislokationen, welche vorherrschen.

Der Grund für diesen Unterschied kann erkannt werden, wenn man von einer bemerkenswerten Abhandlung ausgeht, die C. Davison vor einigen Jahren veröffentlicht hat, und deren Schlüsse die Billigung der Mehrzahl der Geologen gefunden haben. Man nimmt nämlich nach diesen an, dass für eine Kugel, deren Oberflächenabkühlung beendet ist, die Neigung zur Faltung auf eine verhältnismässig dünne Rinde lokalisiert ist, die unten durch eine Schicht von der Spannung Null begrenzt wird. Darunter zeigt sich die Tendenz zur Streckung, sie erreicht ein Maximum und erlischt darauf nach dem Zentrum hin. Die thermischen Angaben, die man bisher für die Erdkugel gesammelt hat, gestatten, die Tiefe der Schicht mit der Spannung Null auf 8 *km* zu schätzen und auf 110 *km* diejenige der Schicht grösster Streckung. Diese Zahlen müssen, wenn keine Störung von aussen eingreift, wachsen wie die Quadratwurzel der Zeit, die seit dem Erstarren der Oberfläche verflossen ist. Dass Temperaturmessungen der Mondkugel, wenn sie möglich wären, zu ähnlichen

[1]) Dieses Jahrbuch 12. p. 42.
[2]) Compt. rend. 135. p. 73.

Zahlen führen würden, hat man Grund zu bezweifeln. Wenn man nämlich annimmt, dass eine Ursache zu stärkerer Abkühlung sich aussen bemerkbar macht, dann wird die Schicht, in welcher der grösste Wärmeverlust stattfindet, an die Oberfläche verlegt, und die Tendenz zur Faltung wird gehindert sein. Damit sie wieder auftrete, muss die Oberfläche einen neuen Gleichgewichtszustand annehmen. Aber noch für lange Zeit werden die Faltungen auf eine sehr dünne Schicht lokalisiert und durch das Strecken der darunter liegenden Schichten vollkommen unterdrückt sein. Es scheint nun, dass das Relief des Mondes eine schnellere Oberflächenabkühlung andeutet als die, welche durch den Verlust der innern Wärme bedingt sein würde. Gewisse Anzeichen haben zu der Annahme geführt, dass in einer entlegenen Zeit, die aber der Erstarrung der Oberfläche folgte, der Mond eine Atmosphäre von sehr merklicher Dichte besessen hat, und dass diese Atmosphäre in der Folge verschwunden ist. Dieses Verschwinden hatte zur notwendigen Folge ein allgemeines und von der Sonnenstrahlung unabhängiges Sinken der mittlern Temperatur. Man kann sich von dieser Wärmeabnahme eine Vorstellung machen aus derjenigen, welche auf unserer Erde zwischen dem Meeresniveau und den Gipfeln der höchsten Berge stattfindet. Die Folgen des Verschwindens der Mondatmosphäre sind nun sehr merkwürdig. Zunächst wird sich die Wärmeabnahme auf die ganze Kugel erstrecken, aber nach den Breiten sehr ungleich verteilt sein; die Äquatorialzone des Mondes wird sich unvergleichlich mehr abkühlen als die Polarkalotten, welche bereits nur noch wenig Wärme in den Raum zu senden hatten. Sie wird also eine Streckung erleiden, welche strebt, ihre Krümmung zu verringern, und eine eingesunkene Zone bilden. Hieraus resultiert ein Strömen der flüssigen Massen, die noch in höhern Breiten existieren könnten, in der Richtung gegen den Äquator.

Das Vorherrschen der Meere in den niedern Breiten, das teilweise Untertauchen der Gebirgsmassive in der Gegend des Äquators sind seit lange bekannte und leicht zu verifizierende Thatsachen. Anderseits weisen die Blätter des Atlas in grosser Zahl Spuren von Oberflächenströmungen nach, welche auf beiden Hemisphären von den Polen nach dem Äquator gerichtet sind. Die Peristenz und die Allgemeinheit dieser Züge müssen dazu beitragen, dass wir die Verdünnung der Mondatmosphäre als eine verhältnismässig rezente Erscheinung betrachten, die vielleicht noch nicht ihr letztes Ende erreicht hat.

Bestimmungen der Grössen von 130 Kraterdurchmessern auf der Mondoberfläche hat K. Graff in Berlin ausgeführt.[1]) Der Monddurchmesser wurde bei der Berechnung zu 3482 *km* angenommen, und die Messungen beziehen sich durchschnittlich auf die Öffnungen der Krater. Folgendes sind die erhaltenen Resultate.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3780.

Formation	Durchmesser in *km*
H[illegible]nus	15.7
H[illegible]nus a	8.2
I[illegible]irami	91.8
I[illegible]irami a	33.8
K[illegible]r	33.1
K[illegible]er A	13.0
K[illegible]er C	15.3
L[illegible]nde	25.5
L[illegible]sberg	41.2
L[illegible]renus	141
L[illegible]ll (?)	20.9
L[illegible]tenberg	24.9
L[illegible]ow	30.5
L[illegible]mann	31.5
M[illegible]robius	69.7
M[illegible]er	27.1
M[illegible]lhaens	41.8
M[illegible]elhaens a	31.5
[illegible]n	40.1
M[illegible]n	40.7
M[illegible]n A	18.6
M[illegible]lius	37.7
M[illegible]us	44.1
M[illegible]us A	18.6
M[illegible]elaus	26.8
M[illegible]sier Ostkr.	11.1
M[illegible]ing	29.2
M[illegible]ting A, ost-west	14.8
M[illegible]ting A, ost-west	14.3
M[illegible]ing A, süd-nord	13.7
P[illegible]vius	183
P[illegible]rd	25.7
L[illegible]a C	13.9
[illegible]o, innere Fläche	93.1
[illegible]ius	43.8
[illegible]donius	112
[illegible]donius A	13.9
[illegible]donius B	15.7
[illegible]donius b	16.2
[illegible]donius C	22.3
[illegible]donius m	10.2
[illegible]lus	28.5
[illegible]emäus	137
[illegible]emäus A	11.3
[illegible]er	31.7
[illegible]hold	46.4
[illegible]nhold A	23.0
S[illegible]iner	113
S[illegible]parelli	27.3
S[illegible]iller	178
S[illegible]öter, innere Fläche	32
S[illegible]hi	26.1
S[illegible]ner	76.5
S[illegible]cus	47.6
S[illegible]o	38.6
S[illegible]alus	45.2
S[illegible]lius	137
S[illegible]lius a	39.7
S[illegible]ering	27
S[illegible]inus	80.8
S[illegible] Gallus	14.9
[illegible]ntius	60.7
[illegible]ätetus	24.8
[illegible]necker	27.8
V[illegible]vius	29.4
[illegible]gentin	85.7
[illegible]el	50.3
[illegible]el A?	42.8
Z[illegible]lius	73.6



Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1901. Professor H. Kreutz hat wie in frühern Jahren so auch für 1901 eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen gegeben,[1] der das folgende entnommen ist.

Komet 1900 III (Giacobini). Die letzte Beobachtung des lichtschwachen Kometen ist am 15. Februar 1901 von Aitken auf der Lickssternwarte angestellt worden. Als derselbe Beobachter am 8. März mit dem 36-Zoller abermals nach dem Kometen ausschauen wollte, war keine Spur mehr von ihm vorhanden.

Giacobini hat aus drei, sich über den ganzen Beobachtungszeitraum erstreckenden Normalörtern die folgenden Elemente abgeleitet:

Epoche 1901 Jan. 14.5 M. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 6^\circ\ 53'\ 48.1'' \\
\omega &= 171\ \ 19\ \ 27.1 \\
\Omega &= 196\ \ 36\ \ 12.3 \\
i &= 29\ \ 52\ \ 16.5 \\
\varphi &= 47\ \ 38\ \ 21.5 \\
\mu &= 525.007'' \\
\log a &= 0.553227 \\
T &= 1900\ \text{Nov. } 28.210\ \text{M. Z. Berlin.} \\
U &= 6.758\ \text{Jahre.}
\end{aligned}
$$

(ω, Ω, i: 1901.0)

Die Umlaufszeit scheint sich bei diesem Kometen, wie die gute Übereinstimmung mit den im vorigen Berichte mitgeteilten vorläufigen Elementen zeigt, trotz der kurzen Beobachtungszeit relativ sicher zu bestimmen.

Komet 1901 I. Die erste Nachricht über diesen hellen Südkometen erhielt die Zentralstelle am 25., resp. 26. April durch zwei Telegramme von den Sternwarten Capetown und Melbourne, welche die Entdeckung am 23. April durch A. Hill in Queenstown, Capecolony, und den Leuchtturmswärter Tattersall in Cap Leeuwin an der Südwestküste Australiens meldeten. Erst $2^1/_2$ Monate später wurde durch ein Schreiben von Kropp in Paysandú bekannt, dass der Komet im Staate Uruguay schon am 12. April durch Viscara, den Verwalter eines Landgutes in der Nähe von Paysandú, entdeckt worden sei, dass aber in Paysandú selbst erst vom 20. April an Beobachtungen möglich gewesen wären. Endlich sollen Eingeborene in Südaustralien den Kometen am 21. April gesehen und dem Telegraphenbeamten in Belladonia am 22. d. Mts. davon Mitteilung gemacht haben, ohne dass aber der letztere die Nachricht weiter verbreitet hätte.

Der Komet war zur Zeit der Entdeckung nur in der hellen Morgendämmerung kurz vor Aufgang der Sonne am Osthorizonte sichtbar. Innes am Kap schildert ihn am 24. April als ein helles Objekt mit deutlichem Kerne und einem 10° langen Schweife. Der Kern war noch nach Sonnenaufgang einige Zeit sichtbar, konnte aber

[1] Vierteljahrsschrift d. astron. Ges. 1902. 37. p. 61.

nicht bis zum Meridiandurchgange verfolgt werden. Da keine Vergleichssterne zugleich mit dem Kometen zu sehen waren, mussten sich die Ortsbestimmungen auf die Ablesung der Kreise der benutzten Instrumente beschränken. Am 27. April kam der Komet in Konjunktion mit der Sonne und wurde für einige Tage ganz unsichtbar, bis er Anfang Mai am Abendhimmel wieder auftauchte und für die Bewohner der Südhalbkugel längere Zeit hindurch ein glänzendes Objekt am Westhimmel wurde. Die Gesamthelligkeit war vom 3.—5. Mai 1.—2. Grösse; der scharfe Kern hatte die Helligkeit eines Sternes 3.—4. Grösse. Neben einem glänzenden Hauptschweife von 6^0 Länge besass der Komet, zuerst am 3. Mai, einen viel schwächern, 20—30^0 langen Nebenschweif, der einen Winkel von 40^0 mit dem Hauptschweife bildete. Im Laufe der nächsten Woche wurde der Nebenschweif heller und kürzer, bis er am 16. Mai die Helligkeit und Kürze des Hauptschweifes erlangt hatte. Auch der Winkel beider Schweife zeigte eine allmähliche Abnahme, bis auf 16^0 am 18. Mai. Eine am 6. Mai auf der Kapsternwarte aufgenommene Photographie zeigt zwischen beiden Schweifen noch zwei schwächere Lichtstrahlen, welche mit dem Auge nur mit Anstrengung zu sehen waren. Zeichnungen von wissenschaftlichem Werte sind in A.N. 3763 (Nijland, Sumatra), M.N. 61 p. 509 (Kapsternwarte) und Bull. Soc. astr. de France 1902 p. 75 (Morize, Rio de Janeiro) veröffentlicht worden.

Das Spektrum des Kometen war nach den Beobachtungen am Kap, die aber nur mit einem kleinen Spektroskop angestellt werden konnten, kontinuierlich ohne helle Linien.

Mit zunehmender Entfernung des Kometen von Sonne und Erde verminderte sich rasch seine Helligkeit. Anfang Juni war der Komet nur noch von der 9. Grösse mit einem Kerne 10.—11. Grösse und einem 2—3^0 langen Schweife. Zudem näherte er sich, nachdem er gegen den 20. Mai mit $2^1/_8{}^h$ seine grösste Elongation in RA. von der Sonne erlangt hatte, wieder den Sonnenstrahlen, so dass aus beiden Gründen schon Mitte Juni die Beobachtungen ihr Ende finden mussten. Am 14. Juni wurde von Innes am Kap die letzte Beobachtung angestellt, einen Tag früher schliessen die Beobachtungen von Tebbutt in Windsor.

Auf der Nordhalbkugel war es selbst zu der günstigsten Zeit, Mitte Mai, nur einigen wenigen, südlicher gelegenen Sternwarten vergönnt, des Kometen auf kurze Zeit ansichtig zu werden. Er erschien hier, wegen des tiefen Standes am Abendhimmel, nur als ein Objekt 8. Grösse; ein Schweif war nicht zu erkennen. Ortsbestimmungen sind auf der Nordhalbkugel nur an der Licksternwarte am 15. und 16. Mai, und an der Sternwarte Algier von Mai 17 bis Mai 20 in einer Höhe von 3^0 über dem Horizonte angestellt worden.

Die folgenden Elemente sind von H. Thiele aus 3 Normalörtern, die die meisten Beobachtungen am Abendhimmel bis Juni 12 umfassen, abgeleitet worden. Sie stellen die Beobachtungen so

nahe dar, dass sie kaum mehr einer grössern Korrektion bedürfen werden.

$$T = 1901 \text{ April } 24.28845 \text{ M. Z. Berlin}$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 203^\circ\ 2'\ 15.1'' \\ \Omega &= 109\ 38\ 53.1 \\ i &= 131\ 4\ 49.3 \end{aligned}\right\} 1901.0$$
$$\log q = 9.388827$$

Enckescher Komet 1901 II. Nach der Vorausberechnung von Thonberg wurde der Komet am 5. August von Wilson in Northfield am Morgenhimmel aufgefunden. Wie die analoge Erscheinung 1868 III (Periheldurchgang Sept. 14.6) zeigt, hätten die Beobachtungen beträchtlich früher beginnen können, wenn die Ephemeride zeitiger veröffentlicht worden wäre. Der Komet wurde, allmählich heller werdend, bis zum Verschwinden in den Sonnenstrahlen, Anfang September, beobachtet. Die letzte Beobachtung ist von Postelmann in Königsberg am 4. September angestellt worden.

Beobachtungen des Kometen nach dem Periheldurchgange auf der Südhalbkugel sind auch diesmal, wie 1868, nicht möglich gewesen.

Nach Holetschek betrug die Gesamthelligkeit am 18. August $8^m 1$ und wuchs bis zur 6.—7. Grösse am 2. September. Der Kern hatte während dieser Zeit von $9^m 5$—8^m zugenommen. Der Durchmesser der Koma betrug 1′. Spuren eines Schweifansatzes schienen besonders in den letzten Tagen der Sichtbarkeit vorhanden zu sein.

Die Elemente, welche Thonberg der Vorausberechnung zu Grunde gelegt hat, sind die von Iwanow für die Erscheinungen 1898 II berechneten, mit Hinzufügung der Jupitersstörungen 1. Ordnung. Sie lauten:

Epoche und Oskulation 1901 Juli 8.0 M. Z. Berlin.

$$M = 339^\circ\ 20'\ 39.4''$$
$$\left.\begin{aligned} \omega &= 188\ 58\ 59.4 \\ \Omega &= 334\ 48\ 58.1 \\ i &= 12\ 53\ 38.5 \end{aligned}\right\} 1901.0$$
$$\varphi = 57\ 46\ 44.8 - 2.394\tau''$$
$$\mu = 1073.87571'' + 0.069299\tau''$$
$$\log a = 0.346065$$
$$T = 1901 \text{ Sept. } 15.245 \text{ M. Z. Berlin}$$
$$U = 3.304 \text{ Jahre.}$$

Zur Darstellung der Beobachtungen war eine Korrektion der mittlern Anomalie von — 4′ 24″ erforderlich.

Im Jahre 1891 war die Wiederkehr des periodischen Kometen 1894 I (Denning) zu erwarten. Die Erscheinung gestaltete sich sehr ungünstig; nur wenn der Periheldurchgang wesentlich früher als nach den Schulhofschen Elementen stattgefunden hätte, wäre der Komet überhaupt sichtbar gewesen. Unter dieser Annahme hatte P. V. Neugebauer einige Ephemeriden gerechnet, die aber zur Auffindung nicht geführt haben.

Zu der »Zusammenstellung der Kometenerscheinungen des Jahres 1900« (dieses Jahrbuch p. 12.) sind nach den Angaben von Prof. Kreutz folgende Nachträge zu machen.

Komet 1900 I. Perrine auf Mount Hamilton hat den Kometen noch länger, als wie im vorigen Berichte angegeben, nämlich bis zum 17. August 1900, verfolgen können.

Komet 1900 II. Eingehende Helligkeitsbestimmungen des Kometen sind nachträglich von Holetschek und Graff veröffentlicht worden. Nach denselben hat Anfang August keine so rapide Helligkeitsabnahme stattgefunden, wie Prof. Kreutz im vorigen Berichte auf Grund anderweitiger Notizen angenommen hatte. Die Abnahme ist im Gegenteile ziemlich regelmässig gewesen, indem nach Holetschek die Helligkeit Juli 25 6.7^m, Aug. 27 8.2^m, Sept. 27 9.5^m, Okt. 28 $11^3/_4{}^m$ betragen hat.

Die letzte Ortsbestimmung des Kometen ist Okt. 27 von Chofardet in Besançon angestellt worden. Die Beobachtungen auf Mount Hamilton schliessen schon mit dem 21. Oktober; am 22. Dezember konnte der Komet von Aitken im 36-Zöller als ein Objekt 15. Grösse noch erkannt, aber wegen aufsteigenden Nebels nicht beobachtet werden. Die Beobachtungen des Kometen sind also mindestens zwei Monate früher geschlossen worden, als die Sichtbarkeit in den Riesenfernrohren ihr Ende erreicht hat; im Interesse der genauen Bestimmung des Charakters der Bahn ist dies sehr zu bedauern.

Sechs Photographien des Kometen, die Palmer auf der Lickssternwarte von Juli 25—Aug. 3 aufgenommen hat, finden sich in Publ. A.S.P. 13. p. 48.

Über den Holmesschen Kometen 1899 II ist nichts Neues zu bemerken; der Komet 1900 III (Giacobini) ist schon weiter oben besprochen worden.

Endlich wäre noch dem vorigen Berichte hinzuzufügen, dass Dr. Delisle Stewart in Arequipa am 23. und 24. Okt. 1900 nach dem de Vico-E. Swiftschen Kometen, von Nov. 9—19 nach dem periodischen Kometen 1884 II (Barnard), endlich von Dez. 828 nach dem Brorsenschen Kometen auf photographischem Wege, leider ohne Erfolg, gesucht hat.

Definitive Bahnelemente des Kometen 1898 I hat H. D. Curtis abgeleitet.[1]) Dieser Komet blieb im ganzen 9 Monate lang sichtbar und beschrieb währenddessen heliocentrisch einen Bogen von 110°; seine Helligkeit wechselte von der eines Sternes 6.5 bis zu 16.7 Grösse, ohne dass das Gesetz, dem die Helligkeitsveränderung folgt, sich aus dem Abstande des Kometen von Sonne und Erde ableiten liess. Nur eine empirische Formel konnte Curtis der beobachteten Helligkeit

[1]) Astron. Abhdlgn. No. 3.

anpassen, die aber auch noch beträchtliche Abweichungen übrig lässt. Die unter Berücksichtigung der Planetenstörungen abgeleiteten endgültigen Bahnelemente des Kometen sind folgende:

T = 1898 März 17.19078 M. Z. Gr.
ω = 47° 19′ 11.85″
Ω = 262 26 19.06
i = 72 31 47.01
$\log q$ = 0.0395112
e = 0.9803852
Umlaufszeit 417.2 ± 2,2 Jahre.

Eine Ähnlichkeit dieser Bahn mit der eines andern bekannten Kometen besteht nicht.

Die Arrheniussche Theorie der Kometenschweife. Prof. Arrhenius hat darauf hingewiesen, dass die abstossenden Wirkungen der Sonne auf die Schweife der Kometen von dem Drucke herrühren könnten, welchen gemäss der Maxwellschen Lichttheorie die Sonnenstrahlen auf alle reflektierenden und absorbierenden Körper ausüben müssen. K. Schwarzschild hat eine genauere Untersuchung von diesem Gesichtspunkte aus angestellt.[1] Er kommt zu dem Ergebnisse, dass eine Zurückführung der grössten beobachteten Abstossungskräfte auf den Druck der Sonnenstrahlung eben noch möglich erscheint. Noch grössere derartige Kräfte, welche die Schwere um mehr als das 20- oder 30fache übertreffen, würde man aber nicht erklären können, ohne unwahrscheinlich kleine spezifische Gewichte für die Schweifteilchen anzunehmen.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Die grosse Feuerkugel vom 3. Oktober 1901. Über die Bahn dieses Meteors hat Hofrat G. v. Niessl in Brünn eine genaue Untersuchung ausgeführt. Infolge eines in mehrern Wiener Tagesblättern veröffentlichten Aufrufes des Direktors der Wiener Sternwarte Hofrat Prof. Dr. Edmund Weiss, sowie auch von andern Seiten her, kamen über 200, allerdings nicht durchaus brauchbare Nachrichten über das Meteor zusammen. Dasselbe ist in besonderer Grösse und Aufsehen erregender Lichtstärke am 3. Oktober 1901, $7^h 27.5^m$ mittl. Wiener Zeit oder $6^h 22^m$ mittl. Greenwicher Zeit auf einer Fläche von bedeutender Ausdehnung (etwa 800 *km* und 630 *km* nach den äussersten Erstreckungen) sowohl auf dem Adriatischen Meere unweit Abbazia, als in der Gegend von Magdeburg, von Bayern bis Galizien und Ungarn beobachtet worden.

Die geographische Lage des Hemmungspunktes, welcher sich 42.4 *km* hoch über der Gegend von 32° 7.6′ östl. v. F. und 49° 36.5′ n. Br., d. i. südlich von Prag nahe über dem Dorfe Jessenitz

[1] Sitzgb. d. Kgl. Ak. München 31. p. 293.

zwischen Seltschan und Sedletz befand, konnte aus 58 Angaben ermittelt werden.

Der Radiant, zu dessen Bestimmung 42 scheinbare Bahnbogen benutzt werden konnten, lag in 327.6° Rektaszension und 33.8° nördl. Dekl. im Pegasus, nahe an der Grenze gegen den Schwan. Die Bahn war gegen die Erde, insbesondere gegen den Horizont des Endpunktes, aus 300.4° Azimut, also ungefähr aus Ostsüdost her gerichtet und 65.3° gegen den Horizont geneigt.

Das erste Aufleuchten wurde wie gewöhnlich an verschiedenen Orten sehr ungleich wahrgenommen, durchschnittlich als das Meteor sich in 164 *km* oder rund 22 g. M. Höhe befand. Dabei erschien die Feuerkugel noch sehr klein. In 120—130 *km* Höhe wurde sie hinsichtlich ihrer scheinbaren Grösse schon vielfach mit dem Vollmonde verglichen, woraus, im Mittel weit auseinandergehender Schätzungen, ein wahrer Durchmesser der Lichtsphäre von 1250 *m* folgen würde. An einigen Orten erschien das Meteor schon in 300 *km* Höhe wie eine gewöhnliche Sternschnuppe oder wie ein Stern zweiter Grösse.

Dem Beobachtungsmateriale konnten 64 Schätzungen der Dauer (von 1—10^s) entnommen werden. Die relative oder geozentrische Geschwindigkeit ergab sich zu 36 *km*, die heliozentrische zu 51.7 *km*. Unter Voraussetzung dieser Geschwindigkeit erhält man folgende Elemente der hyperbolischen Bahn:

$a = -0.98$ $\quad q = 5.850$
$e = 1.87$ $\quad \Omega = 189.5°$
$\pi = 46°$ $\quad i = 30.5°$; rechtläufig.

Nach diesen Ergebnissen wäre das Meteor aus dem Weltraume in einer heliozentrischen Bewegungsrichtung gekommen, welche durch die Koordinaten: 288° Länge und 30° nördl. Breite bestimmt ist.

Alle Nachrichten über Fundstücke aus diesem Falle erwiesen sich als irrtümlich.

Die Perseïden des August 1901 sind auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Heidelberg am 8., 9. und 10. August beobachtet worden.[1] Trotz der unvollständigen Reihen, bemerkt Prof. Max Wolf, lassen sich ganz sicher wieder die merkwürdigen Maxima und Minima der Häufigkeit erkennen, auf die derselbe 1899 aufmerksam gemacht hat.[2] Die beiden Minima fallen auf $11\,^1/_4$ und $13^1/_2$ Uhr, die Maxima etwas nach 12 Uhr und besonders auf 14 Uhr. Auch sonst scheinen sich noch Gesetzmässigkeiten zu ergeben, doch hält Prof. Wolf es für verfrüht, bei dem spärlichen Materiale darauf einzugehen.

Die Bewegung des Radiationspunktes der Perseusmeteore. Schon vor Jahren hat W. F. Denning aus seinen Be-

[1] Astron. Nachr. No. 3806.
[2] Astron. Nachr. No. 3604.

obachtung nachgewiesen, dass diese Bewegung in den Nächten vom 25. Juli bis zum 19. August mehr oder weniger deutlich erkennbar ist, und der Punkt im Sternbilde des Perseus, von dem sie auszustrahlen scheinen, während dieser Zeit seinen Ort am Himmel um mehr als 40° verändert. Er hat zuerst diese Bewegung im August 1877 erkannt und sie 1878, 1880, 1885, 1886, 1887 und in verschiedenen darauf folgenden Jahren abermals konstatieren können. Die von ihm in Bristol erhaltenen Ergebnisse wurden 1888 und 1891 durch Beobachtungen und Untersuchungen von D. Booth zu Leeds bestätigt,[1]) indessen galt dieses Resultat noch immer als zweifelhaft, um so mehr, als in einem bestimmten andern Falle Prof. von Niessl nachweisen konnte, dass die lange Thätigkeitsdauer eines Radiationspunktes nur scheinbar sei, indem 2 Ausstrahlungspunkte von Meteoren nahe bei einander liegen, und der eine davon im November, der andere im Dezember Sternschnuppen aussendet. Bei weniger zahlreichen und sorgfältigen Beobachtungen hätte man in diesem Falle also glauben können, es sei nur ein Radiationspunkt vorhanden und dieser während der Monate November und Dezember anhaltend thätig. W. F. Denning hat nunmehr, um die Frage bezüglich der aus dem Perseus kommenden Sternschnuppen zu entscheiden, die zahlreichen in den letzten Jahren von erfahrenen Beobachtern gemachten Aufzeichnungen der im Juli und August wahrgenommenen Perseïden einer neuen und eingehenden Untersuchung unterzogen.[2]) Hierbei ist es, wie er hervorhebt, notwendig, die Beobachtungen jeder Nacht getrennt zu bearbeiten, während man sonst im allgemeinen aus den Aufzeichnungen über Meteore in verschiedenen aufeinander folgenden Nächten ein Durchschnittsergebnis für die Position des Radianten abzuleiten pflegt. Für die Perseusmeteore hat Denning diese Beschränkung auf die Beobachtungen einer und derselben Nacht zur Ableitung des Radianten seit dem sehr günstigen Jahre 1893 als nützlich erkannt, und gleichzeitig ergab sich auf diesem Wege eine gegen Ostnordost gerichtete Bewegung des Radiationspunktes. Während der verflossenen 10 Jahre hat eine Anzahl erfahrener Beobachter diese Bewegung aus ihren Beobachtungen ebenfalls erkannt, so dass dieselbe als Thatsache betrachtet werden muss. Ja es kann nicht zweifelhaft sein, dass die Bewegung des Radianten keineswegs auf die Perseusmeteore beschränkt ist, sie findet nach Denning auch für die Meteore, die aus dem Sternbilde der Leyer kommen (die Lyriden), statt und wahrscheinlich bei gewissen andern Meteorschauern; indessen entwickeln sich diese gewöhnlich so wenig, dass es schwer hält, Nacht für Nacht eine hinreichend genaue Position des Radiationspunktes aus den Beobachtungen festzustellen. Anderseits ist aber eine Bewegung des

---

[1]) Observatory 11. p. 380.
[2]) Monthly Notices 62. p. 161.

Radiationspunktes keineswegs für alle Meteorschauer allgemein anzunehmen, denn gewisse gut bestimmte Radianten, wie z. B. der der Orionmeteore, sind stationär. Es handelt sich hier um eine Eigentümlichkeit, die durch spätere Untersuchungen genauer erforscht werden muss, vor allem scheint es wünschenswert, dass die im Januar erscheinenden Meteore (die Quadrantiden und die Sternschnuppen aus dem Bootes), die Lyriden des April, die Aquariden des Mai und Juni, die Orioniden des Oktober, die Leoniden und Andromediden des November und die Geminiden des Dezember zukünftig mit grösster Sorgfalt überwacht werden, um festzustellen, wie lange sie auftreten, und ob sie feste oder bewegliche Radianten zeigen.

Bei seiner vorliegenden Untersuchung benutzte Denning nicht nur seine eigenen Beobachtungen in den Nächten des 11. Juli bis 22. August während der Jahre 1869—1901, welche 2856 Perseusmeteore betreffen, sondern auch die Ableitungen der Radianten durch zahlreiche fremde Beobachter, wie Antoniadi (Juvisy), Booth (Leeds), Doberck (Hongkong), A. S. Herschel (Slough), Perrine (Mount Hamilton) und andere.

Bezüglich der theoretischen Schlussfolgerungen über die Ortsveränderung scheinbarer Radianten verweist er auf eine Untersuchung von Josef Kleiber,[1]) welcher für den Radianten der Perseïden folgende Positionen ableitete:

	AR	D
Juli 8.	9°	+ 46°
August 8.	41.5	57.8
August 9.	42.9	57.6
August 10.	44.2	57.9
August 16.	54	59

Le Verrier hat zuerst theoretisch nachgewiesen, dass eine solche Ortsveränderung des Radiationspunktes stattfinden muss und 1859 wurden Anzeichen derselben auch von Prof. A. C. Twining in Amerika vermutet, doch waren die Beobachtungen nicht zahlreich genug, um sichere Schlüsse zu ziehen.

Denning giebt nun zunächst ein Verzeichnis der aus seinen eigenen Beobachtungen abgeleiteten Radiationspunkte der Perseïden für die Zeit vom 8. Juli bis 23. August. Aus demselben ist eine fortschreitende Änderung der Lage des Radianten von etwa AR 11° und D + 48° Mitte Juli bis AR 60° und D + 59° im 2. Drittel des August sogleich erkennbar. In einem 2. Verzeichnisse giebt er dann eine Zusammenstellung der von den andern Beobachtern in dem nämlichen Zeitraume bestimmten Radianten, welche die gleiche Ortsveränderung dieses Punktes erkennen lassen. Indem er alle Beobachtungen in fünftägigem Mittelwerte zusammenzieht, erhält er folgende Positionen des Radiationspunktes der Perseïden für die beigesetzte Zeit:

---

[1]) Monthly Notices 52. p. 341.

		AR	D
Juli	18.—22.	20.5°	+ 51.0
Juli	23.—27.	24.7	53.8
Juli	28.—Aug. 1.	31.6	54.1
August	2.—6.	38.1	55.7
August	11.	43,2	56.5
August	12.—16.	50.9	57.4
August	22.	56.2	59.4

Geschichtliches über das Auftreten der Perseusmeteore. H. Bornitz giebt eine sehr reichhaltige Zusammenstellung und Kritik der sämtlichen Aufzeichnungen über Beobachtungen der Perseïden.[1])

Nach den uns überlieferten Berichten muss der Perseïdenstrom schon im hohen Altertume eine sehr bemerkenswerte Himmelserscheinung gewesen sein. Freilich lassen die allerältesten Berichte im Zweifel darüber, ob diese Beobachtungen sich wirklich auf den Auguststrom beziehen, da sie genauerer Zeitbestimmung, Monat und Tag, fast gänzlich entbehren.

Die am weitesten (bis 1808 vor Chr.) zurückgehenden Beobachtungen über Meteorfälle, Steinfälle und Feuerkugeln stammen grösstenteils aus chinesischen Quellen. Höchst wahrscheinlich sind manche der in jenen Berichten aufgezeichneten Phänomene mit denen des Perseïdenstromes identisch. Wenigstens lassen mehrere brauchbare Angaben aus späterer Zeit vorchristlicher Zählung annähernd diesen Schluss zu. Ebenso wenig wissenschaftlichen Wert bieten die Berichte der alten griechischen und römischen Chronisten. So fehlen bei erstern nicht allein die Angaben des Monats und der Tage, sondern oft ist bei ihnen sogar das Jahr der hinterlassenen Beobachtungen zweifelhaft. Auch die Aufzeichnungen aus den bis 344 vor Chr. hinaufreichenden römischen Quellen (Livius und andere Schriftsteller) ermangeln meist der Genauigkeit, so dass man in einzelnen Fällen kaum erkennen kann, ob sich die beschriebenen Naturereignisse nicht auf Hagelfälle beziehen. Mit grosser Mühe und Sorgfalt hat Dr. Faust durch Kombination[2]) in 4 Fällen das genaue Datum ermittelt, so für einen Strom, vom Jahre 188 vor Chr., der mit dem Auguststernschnuppenfalle identisch zu sein scheint.

Das in Bezug auf die Ungenauigkeit der Berichterstattung im Altertume Gesagte trifft auch auf die zahlreichen im Mittelalter in Deutschland beobachteten Fälle zu. Besonders dürftig sind in den Jahren 1600—1799 nach Chr. die Nachrichten über einzelne grosse Feuerkugeln des Laurentiusstromes.

Im grossen und ganzen kann man aus dem vorhandenen Materiale die Erscheinung des Perseïdensternschnuppenfalles mit einiger Sicherheit nicht viel über 1000 Jahre zurückverfolgen. Verf. giebt

---

[1]) Gaea 1902. p. 267.
[2]) Astron. Wochenschrift 1890. p. 261.

das von Quetelet[1]) aufgestellte Verzeichnis der aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Auguststrome identischen Fällen, denen er das Datum unserer Zeitrechnung, sowie beschreibende Einzelheiten aus Quetelets und seinem Kataloge beifügt.

nach Christus:

811, 25. Juli = 8. August.
820, 25.—30. Juli = 8.—13. August.
824, 26.—28. Juli = 9.—11. August, nach Quetelet: Erscheinung in China.
830, 26. Juli, korrigiert für August 9.2. Viele grosse und kleine Sternschnuppen in China von Beginn der Dunkelheit bis 4 Uhr nachts. Man konnte die Anzahl der Sternschnuppen, die erschienen waren, nicht zählen.
833, 27. Juli, korrigiert für August 10.4. Grosser Sternschnuppenfall vom Anfange des Abends bis zum Morgen. Die Sternschnuppen liefen in geraden und in schiefen Reihen mehr als 100.
835, 26. Juli, korrigiert für August 8.9. Grosser Sternschnuppenfall in China. Es erschienen mehr als 50 Sternschnuppen in gerader und in schiefer Richtung, auch quer laufend. Viele liessen Schweife von 20—30 Grad zurück.
841, 25. Juli, korrigiert für August 8.4. Viele kleine Sternschnuppen in China von Beginn der Dunkelheit bis zur 5. Stunde der Nacht.
924, 27.—30. Juli nach Quetelet, dagegen nach Newton 26.—28. Juli, (Julianisches Jahr, Juli 21.—23.), korrigiert für August 8.1—10.1. Vom 21.—23. nachts eine Menge Sternschnuppen in China.
925, 27. und 28. Juli, korrigiert für August 8.8 und 9.8. Am 22. Juli, Julianische Zeitrechnung, während der Nacht viele Sternschnuppen in China mit leuchtenden Schweifen — den 23. Juli. Julian. Zeitrechnung, grosse Zahl von Sternschnuppen, liefen von Südost aus.
926, 27. Juli, korrigiert für August 8.6. Eine grosse Zahl Sternschnuppen in China.

nach Christus:

933, 25.—30. Juli, korrigiert für August 5.8—10.8. In meinem Kataloge nur 20. und 25. Juli, Julian. Zeitrechnung, angegeben. Den 20. Juli grosse Anzahl kleiner Sternschnuppen, den 25. Juli, eine Zahl Sternschnuppen »im selben Augenblicke.«
1243, 2. August, korrigiert für August 10.6. Sternschnuppenfall wahrscheinlich in Italien. »In demselben Jahre nämlich am 7.[2]) des Monates war eine sehr helle Nacht, die Luft ganz klar, der Mond schien um die achte Stunde, wie es in klaren Winternächten zu geschehen pflegt, milchweiss. Da wurde beobachtet, wie Sterne vom Himmel herab durcheinander wirbelten, hierhin und dorthin. Jedoch stürzten sie nicht, wie es gewöhnlich geschieht, wie Fackeln herab, sondern sie sprangen oder vielmehr fielen, gar nicht wie sonst beobachtet, in einem fort zu 30 oder 40, so nämlich, dass zwei oder drei in einer Flugbahn zusammen sich zu bewegen schienen. Es war so, dass wenn dies alles wirklich Sterne gewesen wären (was kein verständiger Mensch anzunehmen geneigt ist), kein einziger mehr am Himmel hätte verbleiben können.«

---

[1]) Sirius 1888. p. 271.

[2]) Die Zahlen scheinen nicht zu stimmen, ich habe es nicht aufklären können, wo der Fehler liegt. Silliman sagt 1243, Juli 26., was jedenfalls alter Stil ist, auch Prof. Newton war das unklare Datum aufgefallen.

1451, 5. August, korrigiert für August 10.0. Sternschnuppenfall in China. Man sah mehr als 80 Sternschnuppen.

1709, 8. August. Nach Scheuchzer und nach Wolf bemerkte man in Zürich von 11—12½ nachts viele fallende Sterne.

1779, 9. und 10. August. Nach Hamilton in England viele glänzende, schnell verschwindende Meteore mit leuchtenden Schweifen.

1781, 8. August. Nach Herrick in Boston eine grosse Zahl von Meteoren, welche meistens in Nordost erschienen und nach Südwest sich bewegten.

1784, 6. und 9. August. Am 6. Fall in grösserer Menge allenthalben gesehen. Den 9. Sternschnuppen häufig beobachtet. Nach Dr. Herm. J. Klein vom 6.—9. August zahlreiche Sternschnuppen.

1789, 10. August. Nach Dr. Herm. J. Klein zahlreiche Sternschnuppen von Spallazani auf dem Mt. Cimone gesehen. Nach Quetelet in den Morgenstunden des 10. und 11. August fliegende Flammen beobachtet mit nicht grosser Geschwindigkeit. Der grösste Teil zeigte sich im Zenith.

Verf. führt aus seinem Kataloge die folgenden hierher gehörigen Fälle an:

911 nach Chr. zur Zeit des Paulus, vor dem Tode des Sergius (Tod August 911) wurden schimmernde und durcheinander laufende Sternschnuppen in ganz ungewöhnlichem Masse beobachtet.

1029, Ende Juli in Arabien, glänzende Sternschnuppen mit grossem Geräusche. (Nach Soyuti.)

1192, August. Feuererscheinung von grossem Umfange am Westhimmel. Wo?

Hiermit ist die Reihe der bis nahe an die Wende des 19. Jahrhunderts dem genauen Datum nach bekannten Fälle des Augustphänomens erschöpft. Diesen Sternschnuppenfällen fügt Verf. folgende an Zahl und Glanz hervorragende neuern Fälle zu:

1798, den 9. August,
1799, den 9. August,
1800, den 10. und 11. August,
1804, den 9. August,
1806, den 10. und 11. August,
1811, den 10. August,
1813, den 11. August,
1815, den 10. August,
1819, den 6. und 13. August,
1820, den 9. August,
1822, den 9. und 10. August,
1823, den 10. August,
1824, den 12. August,
1826, den 10. August,
1831, den 10. August,
1833, den 10. August,
1834, den 9. und 10. August,
1835, den 8. und 10. August,
1836, den 8., 9. und 10. August,
1837, den 9., 10. u. 11. August,
1838, den 10. und 11. August,
1839, den 9.—11. August.

Unter den ältern Fällen macht sich die zwei und ein halbes Jahrhundert umfassende Lücke von 1451—1709 auffällig bemerkbar, aus der folgende Berichte vorliegen, ohne Bezeichnung von Monat und Tag, in einem Falle sogar mit zweifelhaften Jahresangaben:

Nach Lycostenes 1478 Meteore mit Spuren, auch Kreuze in der Schweiz.

Nach demselben 1531 zu Lissabon. Feurige und blutrote Gestirne wurden sichtbar.

Nach demselben und Quetelet 1635 oder 1636, im Sommer. Ein grosses Gewirr von Sternen wurde sichtbar, die aufloderten und am Himmel hin und her irrten.

Nach Biot 1642, im Sommer: Sternschnuppenfall in China.

Nach Schnurrer 1675, im Sommer: Fall in Frankreich, kann auch ein einzelnes Meteor gewesen sein.

Auffallend erscheint es, dass die sonst so aufmerksamen Chinesen bei den Meteorfällen von 833, 835 und 1451 jedesmal nur eine so geringe Anzahl von Sternschnuppen gesehen haben wollen, eine Zahl, die in jetziger Zeit schon in gewöhnlichen Augustnächten beobachtet wird.

Bornitz giebt endlich folgendes von ihm gesammelte Verzeichnis von Feuerkugeln, die in den Tagen des 9.—12. August gesehen wurden. Die Daten entsprechen dem julianischen Kalenderjahre.

Nach Christus:

81, Juli 20. Gross wie eine Faust.
263, Juli. Zwei grosse Sternschnuppen, jede wie ein Scheffelmass. Sie teilten sich beide, die eine flog nach Süd, die andere nach Nord. Ihr Licht erleuchtete die Erde, und man vernahm ein wiederholtes Geräusch.
352, Juli 21. Morgens zwischen 9—11 Uhr, gross wie ein Drittelscheffel.
578, Juli 21. Gross wie ein Ei, mit einem etwa 10 Grad langen Schweife, erlosch gegen den Mond hin.
585, Juli —. Ein Lichtschein durchzog den Himmel.
642, Juli 22. Gross wie der Mond, lief eine Strecke von 30 Grad und verschwand dann.
713, Juli. Eine Sternschnuppe fiel.
841, Juli 23. Erleuchtete die Erde und fiel mit Donner.
852, Juli oder August. Ein Meteorstein fiel in Persien, Provinz Tobarestam oder Mansemdaran am Kaspischen Meere, der dem Kalifen gesandt wurde. Getöse wurde weithin gehört.
896, Juli. In einer finstern Nacht fiel unter Blitz und Donnerschlag ein Stern, gross wie eine Schale, war von Farbe wie Strohfeuer, mit Geräusch wie ein Schwarm fliegender Enten.
960, Juli 23. Gross und rot.
992, Juli 29. Blauweisslich, von 10 Grad Länge, teilte sich in 3 Sterne.
998, Juli. Bei einem grossen Erdbeben durch ganz Sachsen fielen zwei Steine unter Donner herab, der eine in die Stadt Magdeburg, der andere jenseits der Elbe.
1006, Juli 24. Teilte sich in mehrere Sterne, sein Licht erleuchtete die Erde.
1008, Juli 24. Von gelbrötlicher Farbe mit glänzendem Schweife, lief schnell und teilte sich zuletzt in mehrere Sterne.
1010, Juli 23. Lief bis zum Stier.
1011, Juli 23. Gross wie ein Zehntelscheffel.
1016, Juli. Teilte sich in mehrere Sterne.
1019, Juli 24. Gross wie eine Tasse, lief sehr schnell.
1032, Juli 28. In Italien; ein zweites Meteor nachts in Deutschland, glänzend, erleuchtete die Erde.
1037, Juli 23. Ein Stern erschien.
1042, Juli 28. Gross wie Venus, blauweisslich mit Schweif, lief langsam, Licht erleuchtete die Erde.
1045, Juli 23. Gross wie Venus, mit Schweif, lief sehr schnell, erleuchtete die Erde.
1045, Juli 24. Gross wie Venus, mit Schweif und ausserordentlich schnellem Laufe, war von rotgelblicher Farbe, Licht erleuchtete die Erde.
1048, Juli 24. Lief sehr schnell.
1048, Juli 25. Mit Schweif, Licht erleuchtete die Erde.
1052, Juli 25. Von Venusgrösse, lief sehr schnell.
1052, Juli 27. Von Venusgrösse.
1053, Juli 23. Stern erschien.

Nach Christus:

1053, Juli 24. Von Venusgrösse, mit sehr schnellem Laufe. — In derselben Nacht ein anderer rotgelblicher Stern mit Schweif, lief sehr schnell und erleuchtete die Erde.
1058, Juli 25. Stern erschien.
1059, Juli 24. Zwei in derselben Nacht, wovon der eine sehr schnell lief.
1060, Juli 24. Zwei in einer Nacht.
1060, Juli 26. Gross wie eine Tasse.
1061, Juli 23. 2 Sterne in derselben Nacht. Der zweite war so gross wie ein Becher, von raschem Laufe und rotgelber Farbe.
1061, Juli 24. Stern erschien von rotgelber Farbe mit glänzendem Schweife.
1061, Juli 28. Stern erschien und verschwand schnell in den Dünsten des Horizontes.
1063, Juli 27. Von rotgelber Farbe.
1068, Juli 23. 3 Meteore in einer Nacht: Das erste von der Grösse Jupiters mit glänzendem Schweife, rotgelb, das zweite rotgelb mit Schweif, das dritte, von Venusgrösse von rotgelber Farbe, bewegte sich sehr schnell.
1068, Juli 25. Gross wie die Öffnung einer Tasse, von rotgelber Farbe, mit glänzendem Schweife, lief langsam.
1068, Juli 27. Jupitergrösse, lief sehr schnell, war von rotgelber Farbe.
1069, Juli 23. Venusgrösse, von blauweisser Farbe, lief sehr schnell.
1069, Juli 27. Venusgrösse, rotgelb, mit glänzendem Schweife, bewegte sich sehr schnell.
1070, Juli 23. Mit langsamem Laufe.
1071, Juli 23. Stern erschien.
1071, Juli 27. Venusgrösse, blauweisslich, mit glänzendem Schweife und langsamem Laufe.
1072, Juli 29. Stern erschien.
1075, Juli 23. 3 Meteore in einer Nacht: Das erste von Venusgrösse mit glänzendem Schweife, das zweite genau wie das erste, das dritte ebenso, sein Licht erleuchtete die Erde.
1076, Juli 23. Gross wie eine Tasse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1076, Juli 24. Venusgrösse, rotgelblich, mit brillantem Schweife.
1076, Juli 25. Gross wie eine Tasse, rotgelblich mit Schweif.
1076, Juli 28. Von Venusgrösse, rotgelblich mit glänzendem Schweife.
1076, Juli 30. 3 Meteore in einer Nacht: 1. rotgelblich mit glänzendem Schweife; 2. von Venusgrösse, rotgelblich mit leuchtendem Schweife; 3. gross wie Venus mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1077, Juli 22. Venusgrösse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, lief sehr schnell.
1077, Juli 24. Venusgrösse, durchschoss schnell die Wolken und verschwand am südlichen Himmel, war von rotgelblicher Farbe mit glänzendem Schweife. Ein anderes Meteor war von Venusgrösse mit glänzendem Schweife und rotgelblicher Farbe, lief sehr schnell.
1077, Juli 28. Genau wie das vorhergehende.
1080, Juli 24. Gross wie eine Tasse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1082, Juli 27. Venusgrösse, rotgelblich mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1082, Juli 29. Genau wie vorbeschriebene Feuerkugel.
1084, Juli 25. Gross wie eine Tasse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1087, Juli 24. Wie vorhergehend.
1090, Juli 26. Venusgrösse, blauweisslich.

1090, Juli 27. Venusgrösse, blauweisslich mit glänzendem Schweife, ein 2. Meteor von Venusgrösse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1091, Juli 24. 2 Sterne, jeder von Venusgrösse, rotgelblicher Farbe und glänzendem Schweife. Beide verschwanden zu gleicher Zeit.
1092, Juli 25. Von Venusgrösse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1097, Juli 24. Von Venusgrösse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife, erleuchtete die Erde.
1098, Juli 25. Wie vorhergehend.
1098, Juli 26. Wie vorhergehend.
1106, Juli 27. Stern erschien.
1181, Juli 26. Stern erschien.
1205, Juli 25. Von Venusgrösse, rot.
1212, Juli 30. Erschien im Zenith.
1235, Juli 26. Erschien am Tage.
1241, Juli 26. Von Venusgrösse.
1243, Juli 26. Stern.
1249, Juli 26. Wahrscheinlicher Meteoritenfall mit Donnergetöse bei Quedlinburg.
1263, Juli 25. Stern fiel.
1264, Juli 31. Stern fiel.
1267, Juli 27. Venusgrösse, rotgelblich, mit glänzendem Schweife.
1366, Juli 29. Gross wie eine Tasse, blauweiss, mit langem Schweife.
1581, Juli 26. Steinfall zu Niederreisen mit Detonation und Beben der Erde.
1585, Juli 28. Gross wie eine Faust. Der Tambour des Himmels liess sich vernehmen.
1708, Juli 31. Meteor in Scheerness.
1762, Juli 29. Wo? (Kämtz).
1778, August 8. In England, Detonation mit Erschütterung.
1779, August 5. Zu Pecking von Mondgrösse, zersprang mit grossem Getöse und nachfolgender Erschütterung.

Nach dieser Zeit, selbst bis weit ins 19. Jahrhundert hinein, werden die Beobachtungen von Feuerkugeln während des Laurentiusstromes immer seltener und beginnen eigentlich erst seit 1832 wieder sorgfältiger zu werden.

Auch in dem vorstehenden Verzeichnisse sind wie bei den Sternschnuppenströmen die grossen Lücken von 1366—1581 und 1585 bis 1708 auffallend.

Das Meteoreisen von Mukerop. Die Kaiserl. Meteoritensammlung im naturhistorischen Hofmuseum zu Wien gelangte in den Besitz eines 61 kg schweren Stückes eines ursprünglich etwa 160 kg wiegenden Meteoreisenblockes, der in Mukerop bei Tsess im Bezirke Gibeon in Deutsch-Südwestafrika ($18^1/_2{}^0$ östl. L. und $25^1/_2{}^0$ südl. Br.) gefunden wurde. Aussen ist der Block abgerundet und zeigt an seiner Oberfläche nichts Bemerkenswertes. Dagegen bietet die dem grössten Querschnitte parallel geführte und präparierte Aufschlussfläche, mit Durchmessern von 43 und 31 *cm*, nach den Untersuchungen von F. Berwerth zweierlei neue Erscheinungen, die man an meteorischen Eisenmassen bisher nicht beobachtet hat. Eine der neuen Beobachtungen bezieht sich auf die Krystallstruktur des

Eisenblockes und die zweite auf eine eigentümliche Umwandlungserscheinung sekundärer Natur. Das Krystallgefüge des Eisens entspricht wohl dem bekannten schaligen Baue nach den Oktaederflächen, neu ist aber die Beobachtung, dass der Block nicht, wie dies gewöhnlich der Fall ist, aus einem einzigen Individuum, sondern aus deren vier besteht. Diese vier Individuen stossen in Ebenen zusammen, die den Block quer der grössten Breite in ungleiche und krystallographisch selbständige Teile trennen. Die Gegenwart von vier Individuen bezeugen die in 2 Schichten verschieden orientierten Ätzfiguren und ausserdem die scharfen Grenzlinien zwischen den Individuen, die durch den Wechsel der Lamellensysteme an den Berührungsebenen hervorgerufen erscheinen.

Von den gewöhnlichen Begleitern des Meteoreisens wurde Troilit nur in zwei kleinen Kugeln beobachtet, und auch der Schreibersit ist nur in untergeordneter Menge vorhanden.

Die 2. Besonderheit des Blockes besteht in dem Erscheinen einer vom Rande nach innen sich ausbreitenden Veränderungszone, die sich nur in den Individuen III und IV über deren ganze Fläche ausdehnt und gegen den unveränderten Teil des Individuums II durch die quer verlaufende, scharfe Kluft, die wir oben kennen gelernt haben, abgedämmt ist und selbe nur am Rande des Blockes überschreitet. Diese veränderte Zone erscheint im geätzten Zustande ganz matt mit schwachem Schimmer, der sich schleierartig über die Lamellensysteme legt, die man am Rande nur ganz wenig, im Kerne noch deutlich wahrnimmt.

Das Erscheinen dieser schleierigen Schicht und der Randzone ist zweifellos die Folge einer Erhitzung des Blockes, der er nach seiner Entstehung auf irgend eine Art ausgesetzt wurde. Ganz ähnlich sind die Veränderungszonen der im Falle beobachteten Meteoreisen beschaffen. Beide Male wird das Balkeneisen beim Ätzen flittrig, und die Ätzgruben sind unregelmässig. Das Ätzbild deutet auf Änderung des Molekularzustandes des Eisens, die durch eine unter dem Schmelzgrade bleibende Erhitzung veranlasst wurde. Beim künstlichen Eisen ist bekannt, dass es bei einem bestimmten Hitzegrade, »dem kritischen Punkte«, seine Struktur ändert und in einen andern Molekularzustand übergeht. Hier im Meteoreisen liegt dessen molekularer Veränderung wohl ein ähnlicher Vorgang zugrunde. Diese durch einen sekundären kosmologischen Prozess eingeleitete Erhitzung und Umänderung des Meteoreisens bietet im vorliegenden Beispiele das erste bekanntgewordene Gegenstück zu dem bei den Meteorsteinen durch Umschmelzung des Tuffes entstandenen Chondriten. Auf diese Erkenntnis darf man auch die Ansicht stützen, dass manche sogenannte »dichte Eisen« durch Erhitzung, resp. Umschmelzung umgewandelte Meteorsteine sind.[1])

---

[1]) Anzeiger der Kais. Ak. d. Wiss. in Wien 1902. No. 6.

Der Meteorit von Felix. Am 15. Mai 1900 gegen 11½ Uhr vormittags fiel nahe bei dem Orte Felix (Alabama) unter Detonationen ein Meteorit zur Erde. Das Hauptstück desselben wiegt 7 Pfund und war bis zu einer Tiefe von 6 Zoll in den Boden gedrungen.[1]) Die mineralische Zusammensetzung wird wie folgt angegeben:

Olivin	73 °/₀
Augit und Enstatit	18
Troilit	5
Eisen und Nickel .	3
Graphit	0.4

Die Farbe des Meteoriten ist infolge des Graphitgehaltes dunkel; unter dem Mikroskop zeigt es tuffähnliche Struktur.

Fixsterne.

Der Sternkatalog der Astronomischen Gesellschaft. Der gegenwärtige Stand dieses grossen Unternehmens wird durch die nachstehende Übersicht der bis heute erschienenen Publikationen dargestellt.

Zone.	Geliefert von der Sternwarte.	Publiziert.	Zahl der Sterne.
75° — 80°	Kasan	1898	4,281
70 — 75	Dorpat	restiert noch	
65 — 70	Christiania	1890	3,949
55 — 65	Helsingfors und Gotha	1890	14,680
50 — 55	Harvard	1892	8,627
40 — 50	Bonn	1894	18,457
35 — 40	Lund	1902	11,446
30 — 35	Leiden	1902	10,239
24¼ — 31	Cambridge, Eng.	1897	14,464
20 — 25	Berlin	1895	9,208
15 — 20	Berlin	1896	10,161
10 — 15	Leipzig	1900	9,547
5 — 10	Leipzig	1899	12,785
1 — 5	Albany	1890	8,241
— 2 — + 1	Nicolajew	1900	5,954

Sobald die Zone 70 — 75° nördl. Deklination, welche die Sternwarte Dorpat liefern wird, publiziert ist, werden die genauen Positionen von 130000 Sternen vorliegen. Die Fläche des Himmels zwischen 80° nördl. Deklination und dem Nordpole ist durch Carringtons Katalog von 3735 Circumpolarsternen (1857) so gut dargestellt, dass von Anfang an davon abgesehen war, sie nochmals aufzunehmen. Eine südliche Fortsetzung des Katalogs über — 2° Deklination hinaus ist in Arbeit.

Die photometrischen Grössen von 923 Fixsternen, deren Helligkeitsfolgen John Herschel 1835—1838 bestimmt hat, wurden von W. Doberck mit Benutzung der Messungen der Harvard-Photometrie abgeleitet.[2]) Die Sterne sind 1.—6. Grösse, und die gefundene photometrische Helligkeit dürfte bei den Sternen 1.—4. Grösse

[1]) Bull. Société astron. de France 1902. p. 508.
[2]) Annals Harvard Coll. Obs. 1902. 41. No. VIII. p. 218.

bis auf wenige Hundertstel einer Grössenklasse genau sein, bei denen 5. Grösse bis auf 0.1, bei denen 6. Grösse bis auf 0.15 Grössenklasse.

Den gegenwärtigen Stand der Erforschung der farbigen Sterne mit Berücksichtigung des Spektraltypus hat Friedrich Krüger dargestellt.[1]) Er hebt zunächst hervor, wie der Umstand, dass ausgesprochen grüne oder blaue isolierte Sterne bisher nicht aufgefunden worden sind, dass es rein weisse und rote Sterne nicht giebt, und die Grundfarbe des Kernlichtes bei allen Sternen stets gelb ist, allerdings nur die Deutung zulasse, dass im allgemeinen die Farbenfolge der Sterne von Weiss über Gelb zu Rot einer stetigen Folge im Sinne einer successiven Verminderung der Eigentemperatur entspreche. Im besondern seien aber in den Spektren so viele verschiedene und auffällige Unterschiede vorhanden, dass diese Deutung allein für die Genesis der Fixsterne nicht ausreiche, und man noch innere Gründe für diese Wesenverschiedenheiten wird heranziehen müssen; mit andern Worten: der genetische Zusammenhang der einzelnen Sterntypen ist aus den bis jetzt gewonnenen Beobachtungen nicht zuverlässig abzuleiten, ein systematischer Zusammenhang der Typen aber als sicher vorhanden anzunehmen.

Bei dem noch herrschenden Widerstreite der Meinungen hat Krüger sich bei seinen Arbeiten über farbige Sterne der historisch ältesten Einteilung der Sternspektra in Klassen, nämlich der Secchischen Einteilung bedient. Bei den farbigen Sternen, sagt Krüger, handelt es sich fast ausschliesslich um den III. und IV. Spektraltypus, und gerade für diese ist die Frage noch unentschieden, ob die Klasse IV der Klasse III nebenzuordnen ist, oder ob sie bloss eine Weiterentwickelung von III ist. Während man zwischen dem I. und II. Typus und dem II. und III. Typus sich alle Zwischenstufen eines kontinuierlichen Überganges leicht zurechtlegen kann, so dass es oft schwer zu entscheiden ist, zu welchem Typus ein Stern zu zählen ist, sind solche Übergangsglieder zum IV. Typus noch nicht aufgefunden.[2]) Die völlig abweichende Form des Spektralbildes, das bei manchen Sternen dieser Art nur noch aus drei bis vier hellen Streifen in Gelb und Grün zu bestehen scheint, die entgegengesetzte Schattierung und die abweichende Lage der dunklen Banden von denen des III. Typus löst diese Sterne gewissermassen aus dem Verbande der andern heraus.

Über die Farben der Fixsterne und ihre Beobachtung sind in neuester Zeit zwei ausführliche Abhandlungen von H. Osthoff[3]) veröffentlicht. Derselbe kommt in diesen Abhandlungen auf Grund seiner langjährigen und zahlreichen Beobachtungen zu dem Schlusse, dass sich zur Beschreibung der Sternfarben am besten die Schmidtsche Skala eignet, in der die Farben durch Zahlen bezeichnet sind. Dieser Skala hat Krüger sich bereits in seinem Kataloge der farbigen Sterne zwischen dem Nord-

[1]) Farbige Sterne, Mitteilungen der Sternwarte zu Altenburg, S.-A. 1902.
[2]) J. Scheiner, Spektralanalyse der Gestirne p. 321.
[3]) Astron. Nachr. No. 3657—3658.

pole und 23. Grade südlicher Deklination (Kiel 1893) bedient. Die von ihm gebrauchten Zahlen für die Farbenstufen hatten die folgende Bedeutung:

0c = rein weiss,[1]
1 = bläulich weissgelb,
2 = gelblich weiss,
3 = gelblich,
4 = reingelb,
5 = strohgelb,
6 = orange,
7 = goldgelb
8 = rötlich,
9 = kupferrot,
10 = reinrot.

Die Wortbeschreibung ist vieldeutig, Krüger hat sie nach Vergleichung seiner Beobachtungen in Zahlen mit den Anmerkungen über die Farben einer Anzahl auffälliger Sterne von Eduard Schönfeld, A. Krueger und A. Auwers aufgestellt. Osthoff definiert die Farbenstufen folgendermassen:

0c = weiss,
1 = gelblich weiss,
2 = weissgelb (weiss und gelb zu gleichen Teilen),
3 = hell- oder blassgelb,
4 = reingelb,
5 = dunkelgelb,
6 = rötlich gelb (gelb überwiegt),
7 = rotgelb (gelb und rot zu gleichen Teilen; orange),
8 = gelblich rot (rot überwiegt),
9 = rot mit geringer Spur gelb,
10 = rot.

Eine von Osthoff durchgeführte Vergleichung seiner Beobachtungen mit 169 von Krüger und 84 von Dunér nach der Schmidtschen Skala beobachteten Sternen ergiebt, dass Krüger die Farben im Mittel um 1c3 und Dunér um 0,83⁰ heller als Osthoff geschätzt hat.

Die umfangreichsten Farbenschätzungen liegen bis jetzt von Müller und Kempf in der Potsdamer Photometrischen Durchmusterung vor. Die Potsdamer Farbenskala umfasste ursprünglich die sieben Stufen Weiss (W), Gelblich-Weiss (GW), Weisslich-Gelb (WG), Gelb (G), Rötlich-Gelb (RG), Gelblich-Rot (GR) und Rot (R), und wurde für den II. Teil der Potsdamer Photometrischen Durchmusterung, welche alle Sterne bis zu 7,5 Grösse zwischen 20 und 40 Grad nördl. Dekl. enthält, in der Weise vervollkommnet, dass diesen Stufen ein + oder — angehängt und die Skala als von Weiss nach Rot hin ansteigend aufgefasst wurde, so dass die neuen Intervalle durchweg einem Drittel der alten Stufen entsprechen.

Um eine leichte rechnerische Vergleichung der Resultate der Farbenbeobachtungen zu ermöglichen, wäre sehr erwünscht, dass sich alle Beobachter der jetzt mehrfach als zuverlässig erprobten Schmidtschen Skala nach der Osthoffschen Definition der Farben bedienen wollten. In der Definition 1c = gelblich-weiss vermag Krüger sich der Osthoffschen Bezeichnung allerdings nicht anzuschliessen, denn viele Sterne des I. Spektraltypus, die auch einen bläu-

[1]) Mit dem kleinen c (= color) oben rechts neben der Zahl ist die Farbe bezeichnet, ähnlich wie durch m (= magnitudo) die scheinbare Grösse bezeichnet wird.

lichen Farbenschein mit besitzen, scheinen ihm besser durch 1 c = bläulich-weissgelb als bloss durch gelblich-weiss beschrieben zu sein.

Das Studium der Sternfarben ist, wie Krüger betont, nicht bloss um ihrer selbst willen wünschenswert, sondern auch als Hilfsmittel zur Aufklärung mancher noch nicht hinreichend erforschter Gebiete der Astronomie erforderlich; so ist z. B. die Farbe eines Sternes von wichtigem Einflusse auf die photometrischen Beobachtungen,[1]) bei den mehr oder minder rötlichen Sternen besteht zwischen dem photographischen und dem visuellen Bilde ein grosser Unterschied u. s. w. Untersuchungen über die Verteilung der Sterne auf die einzelnen Farbenstufen und über den Himmel konnten bisher aus Mangel an zuverlässigen Beobachtungen nur in geringem Umfange gemacht werden, dagegen liegen schon umfangreiche spektroskopische Beobachtungen vor. Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, dass der Zusammenhang zwischen der Farbe und dem Spektraltypus eines Sternes viel geringer ist, als man unter Annahme des entwickelungsgeschichtlichen Gesichtspunktes zu erwarten geneigt ist. Es zeigt dies deutlich die folgende Tabelle, welche eine Übersicht über den Umfang der Farbengrenzen nach Krügers Beobachtungen für die einzelnen Secchischen Spektraltypen giebt:

Typ. I	Diff.	Typ. II	Diff.	Typ. III	Diff.	Typ. IV	Diff.
0c.6—6c.2	5c.6	2c.0—8c.0	6c.0	4c.5—8c.6	4c.1	7c.2—9c.4	2c.

Aus den Arbeiten über die Verteilung der Sterne auf die Spektraltypen lässt sich mit ziemlicher Sicherheit entnehmen, dass etwa die Hälfte aller Sterne dem I. Typus angehört, und dass von dem Reste etwa $^3/_4$ auf den II. und $^1/_4$ auf den III. Typus entfallen. Auf den IV. Typus kommen nur sehr wenige lichtschwache Sterne; keiner überschreitet die 5.5 Grösse. Über die Verteilung der roten, bezw. der veränderlichen und der IV. Typus-Sterne haben bisher Untersuchungen angestellt: C. F. Pechüle[2]) N. C. Dunér[3]) und T. E. Espin[4])

Beim Tode d'Arrests (1878) waren 150 Sterne vom III. und 23 Sterne vom IV. Typus bekannt, beim Erscheinen von Dunérs Untersuchungen (1885) kannte man 475 Sterne vom III. und etwa 55 vom IV. Typus. Bei der Herausgabe seines Kataloges der farbigen Sterne (1893) konnte Krüger 950 Sterne des III. Typus und 103 des IV. Typus zwischen dem Nordpole und dem 23. Grade südl. Deklination aufzählen. In der Zwischenzeit sind, besonders durch die eifrigen Nachforschungen von T. E. Espin, die Zahlen wieder bedeutend gestiegen. In einem neuen Kataloge der Sterne vom III. und IV. Typus zwischen dem Nordpole und dem 23. Grade südl. Deklination, den Krüger

[1]) G. Müller, Die Photometrie der Gestirne p. 453.
[2]) Expédition Danoise pour l'Observation du Passage de Vénus 1882. p. 34 ff., Copenhague 1883.
[3]) Sur les étoiles à spectres de la III. classe p. 126 ff. Stockholm 1885.
[4]) Astroph. Journ. 10. p. 169.

soeben vollendet hat, konnte er 3773 Sterne vom III. Typus und 186 vom IV. Typus verzeichnen.[1]) Vergleicht man diese Zahlen miteinander, so sieht man, dass seit 1878 sich die Zahl der bekannten III. Typus-Sterne verfünfundzwanzigfacht hat, während die Zahl der IV. Typus-Sterne sich nur verachtfachte. Es kam 1878 ein IV. Typus-Stern auf etwa 6.5 III. Typus-Sterne, 1885 war das Verhältnis 1:8,6, 1892 1:9, und gegenwärtig ist es 1:20.2. Durch weitere Beobachtungen wird sich dies Verhältnis noch mehr verringern, so dass die von Dunér ausgesprochene Annahme, dass die IV. Typus-Sterne mindestens 50 mal seltener sind als die des III. Typus, der Wirklichkeit nahe kommen dürfte.

Die in seinem neuen Kataloge bearbeiteten Beobachtungen schienen Krüger genügend, einen Beitrag zur Frage nach der Verteilung der farbigen Sterne zu geben. Bei der Herstellung der erforderlichen Tabellen hat er dieselben Einteilungsprinzipien walten lassen, wie sie H. Seeliger in seinen beiden Abhandlungen: Über die Verteilung der Sterne auf der nördlichen und südlichen Halbkugel nach der Bonner Durchmusterung[2]) angewandt hat. Dies Verfahren rechtfertigt sich von selbst dadurch, dass es eine leichte und übersichtliche Vergleichung seiner Abzählungen mit denen von Seeliger ermöglicht. Krüger hat zunächst eine Abzählung nach folgenden Grössenklassen vorgenommen:

1. Klasse 1.0^m bis 6.5^m — 4. Klasse 7.6^m bis 8.0^m
2. „ 6.6^m „ 7.0^m — 5. „ 8.1^m „ 8.5^m
3. „ 7.1^m „ 7.5^m — 6. „ 8.6^m „ 9.0^m
7. Klasse 9.1^m und schwächer.

Die Anzahl der Sterne jeder dieser Grössenklassen wurde von 20 zu 20 Zeitminuten in Rektaszension und von Grad zu Grad in Deklination aufgesucht und dann in Tabellen auf Intervalle von 40 zu 40 Zeitminuten in Rektaszension und von 5^0 zu 5^0 in Deklination zusammengezogen. Als Grösse wurde überall die Angabe der Bonner Durchmusterung angesetzt. Ausser den Durchmusterungssternen sind in diesen Tabellen noch 104 Anonyma enthalten, die in die 6. und 7. Klasse nach Krügers eigenen mit seinem Heeleschen Refraktor von 172 *mm* Objektivöffnung vorgenommenen Stufenschätzungen eingereiht sind. Die Veränderlichen wurden über die Klassen nach ihrem grössten Lichte verteilt. Im ganzen enthalten diese Tabellen Krügers für den nördlichen Himmel 3509 farbige Sterne mit Bandenspektrum, darunter 123 vom IV. Typus und 147 veränderliche, von denen 21 dem IV. Typus angehören.

Eine oberflächliche Betrachtung der Tabellen zeigt schon das grosse Anwachsen der Sternzahl mit der Annäherung an die Milchstrasse. Nach dem Vorgange von Seeliger hat Krüger zur Entscheidung der Frage, wie sich der Verlauf der Milchstrasse in den

---

[1]) Dieser Katalog wird in kurzer Zeit publiziert werden.
[2]) München 1884 und 1886.

Zahlen ausspricht, den nördlichen Himmel in 8 Zonen geteilt. Die erste Zone liegt um den Nordpol der Milchstrasse ($\alpha = 12^h 49^m$, $\delta = +27^\circ 30'$) und ist begrenzt von dem um 20 Grad von diesem abstehenden Parallelkreise. Die 2. Zone liegt zwischen 20 und 40 Grad gallaktischer Poldistanz u. s. f. Die 8. Zone enthält die Sterne, welche um mehr als 140 Grad vom Pole der Milchstrasse abstehen. Die 5. Zone ist also diejenige, welche die Milchstrasse enthält. Die folgenden Tabellen enthalten das Ergebnis dieser Einteilung: Tabelle a umfasst alle Sterne mit Bandenspektren und Tabelle b die IV. Typus-Sterne gesondert.

a)

Klasse	1	2	3	4	5	6	7	Summe
Zone I	9	3	2	1	5	4	—	24
Veränderliche	—	—	—	—	1	—	—	1
Zone II	35	24	37	50	41	22	7	216
Veränderliche	4	2	2	2	—	1	1	12
Zone III	45	32	66	53	78	40	18	332
Veränderliche	—	4	2	3	2	2	3	16
Zone IV	54	69	65	117	167	178	107	757
Veränderliche	6	8	2	5	4	8	—	33
Zone V	**52**	**61**	**86**	**174**	**272**	**389**	**453**	**1487**
Veränderliche	**8**	**7**	**3**	**6**	**6**	**11**	**4**	**45**
Zone VI	22	27	63	93	114	135	69	523
Veränderliche	9	—	2	2	4	6	2	25
Zone VII	23	18	36	14	19	22	9	141
Veränderliche	5	1	2	2	2	2	—	14
Zone VIII	5	4	5	2	3	6	4	29
Veränderliche	—	—	1	—	—	—	—	1
Summe	245	238	360	504	699	796	667	3509
Veränderliche	32	22	14	20	19	30	10	147

b)

Klasse	1	2	3	4	5	6	7	Summe
Zone I	—	—	—	—	—	2	—	2
Veränderliche	—	—	—	—	—	—	—	—
Zone II	1	—	—	—	—	—	—	1
Veränderliche	—	—	—	—	—	—	—	—
Zone III	—	1	—	—	1	—	1	3
Veränderliche	—	—	1	1	—	—	—	2
Zone IV	2	1	1	—	4	4	5	17
Veränderliche	—	2	1	3	—	3	—	9
Zone V	1	—	1	3	4	11	64	84
Veränderliche	—	4	—	2	1	1	2	10
Zone VI	1	—	1	—	3	—	7	12
Veränderliche	—	—	—	—	—	—	—	—
Zone VII	—	1	—	—	—	1	—	2
Veränderliche	—	—	—	—	—	—	—	—
Zone VIII	1	—	—	—	—	1	—	2
Veränderliche	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe	6	3	3	3	12	19	77	123
Veränderliche	—	6	2	6	1	4	2	21

Man sieht, dass sowohl die III. Typus-Sterne, als auch die IV. Typus-Sterne und die Veränderlichen von langer Periode sich in derselben Weise über den Himmel verteilen, wie dies die Sterne der Bonner Durchmusterung thun. Krüger stellt deshalb den Satz auf: Es findet eine Anhäufung der Sterne mit Bandenspektren nach der Milchstrasse zu statt, die selbst an Sternfülle die andern gallaktischen Zonen bedeutend übertrifft. An diesem allgemeinen Ergebnisse dürfte durch die Auffindung weiterer Sterne mit Bandenspektren nichts mehr geändert werden.

Einige scheinbar vorhandene eigentümliche Unregelmässigkeiten und Abweichungen in der Verteilung der Sterne mit Bandenspektren von der allgemeinen Verteilung, wie diese sich aus der Bonner Durchmusterung ergiebt, z. B. die Armut in den Klassen 5—7 zwischen 0—20° Deklination und das Anschwellen zwischen 25—60° Deklination, lassen sich zwanglos erklären aus der Art, wie die farbigen Sterne aufgesucht wurden, und aus den Beobachtungszeiten, die hauptsächlich in den Herbstmonaten liegen.

Eine Eigentümlichkeit der Sterne mit Bandenspektren aber, die aus den Tabellen nur sehr schwer und zum Teil gar nicht ersichtlich ist, und die auf innern Gründen zu beruhen scheint, erwähnt Krüger noch kurz. Es ist die auffällige Erscheinung, dass sie häufig zu Ansammlungen zusammentreten, und dass in diesen Anhäufungen nicht selten auch ein bis zwei IV. Typus-Sterne je nach der Anzahl der III. Typus-Sterne mit enthalten sind. Solche Gruppen können direkt zum Aufsuchen der IV. Typus-Sterne dienen. Oft ist die Anordnung dieser Gruppen eine reihenförmige und stimmt überein mit der von M. Wolf beobachteten und als Schnüre- oder Kettenbildung beschriebenen Anordnung.[1]) Es handelt sich bei diesen Reihen vorwiegend um schwache Sterne, die in enggliedrigen Ketten stehen. An ein paar Stellen finden sich starke lokale Anhäufungen von farbigen Sternen, so z. B. zwischen $10-12^h$ Rektaszension und 51—58° Deklination und zwischen $10-13^h\ 20^m$ und 52—58°, worauf schon T. E. Espin[2]) hingewiesen hat; anderseits aber fehlen auch ganz arme Partien nicht. Eine Katalogisierung und Beschreibung der Ketten und Gruppen von Sternen mit Bandenspektren hat Fr. Krüger auf seiner Sternwarte in Vorbereitung.

Temperaturbestimmung der Fixsterne auf photometrischem Wege. Baron B. Harkányi hat hierüber eine wichtige Arbeit veröffentlicht.[3]) Er stützt sich dabei auf die vor kurzem von Prof. Lummer und Dr. Pringsheim veröffentlichten Untersuchungen,[4])

---

[1]) Astron. Nachr. 135.
[2]) Astron. Nachr. 134. p. 127.
[3]) Astron. Nachr. No. 3770.
[4]) Verhdl. d. Dtsch. Phys. Ges. III. No. 4. Verhdl. des internat. Physikerkongresses zu Paris 1900. p. 95.

gemäss denen sich die Temperatur hoch erhitzter Körper aus der Energieverteilung ihrer Spektra bestimmen lässt. Die dort gegebenen Rechnungsvorschriften hat er dann auf die von Prof. Vogel ausgeführten spektralphotometrischen Messungen[1]) angewandt. Auf diesem Wege sind Näherungswerte für die Fixsterntemperaturen zu erhalten unter der Voraussetzung, dass sich deren Spektra durch die von Wien gegebene Spektralgleichung ebenso darstellen lassen, wie dies bei den bis jetzt untersuchten irdischen Lichtquellen der Fall gewesen ist. Spezieller bezeichnet, ergeben sich Grenzwerte, zwischen denen die absoluten Temperaturen enthalten sind, wenn die Strahlungseigenschaften des Körpers zwischen denen des blanken Platins und eines absolut schwarzen Körpers liegen, was in der That angenommen werden darf. Bezeichnet man die Wellenlänge des Maximums der Energie im Spektrum eines Sternes mit γ, die absolute Temperatur desselben mit T, so ist nach Wien das Produkt $\gamma \cdot T$ eine konstante Grösse, die für blankes Platin durch die Zahl 2630, für einen absolut schwarzen Körper durch die Zahl 2940 angegeben wird. Schwierig ist nur die genauere Ermittelung der Wellenlänge des Maximums der Spektralintensität. Baron Harkányi hat dieselbe auf rechnerischem Wege abgeleitet und ferner auf ältere Messungen von Mouton[2]) gestützt für die Wellenlänge dieses Maximums im Sonnenspektrum den Wert 0.54 μ (540 Milliontelmillimeter) abgeleitet. Berechnet man hiermit die Sonnentemperatur nach dem oben angegebenen Verfahren von Wien, so findet man als Maximum derselben rund 5450, als Minimum 4850°. Dies ist merklich weniger als der von Prof. Scheiner früher auf einem andern Wege gefundene Wert 7000°, aber anderseits genügend, um zu erweisen, dass auf dem neuen Wege annähernd richtige Werte zu erhalten sind. Mit Hilfe des für das Sonnenspektrum angenommenen Wertes der Wellenlänge der maximalen Energie (0.54 μ) berechnet Baron Harkányi die Temperaturen für Sirius im Maximum zu 7950, im Minimum zu 5700°, für Wega 6400—5700, Arktur 2700—2450, Aldebaran 2850—2550, Beteigeuze 3150—2800°. Für das elektrische Bogenlicht ergaben sich auf demselben Wege Temperaturen zwischen 3500 und 2850°.

Die photographischen Spektra der hellern Sterne des südlichen Himmels. Der erste Versuch einer Klassifikation der photographischen Spektra der Fixsterne wurde von Mrs. Fleming im 27. Bande der Annalen der Harvardsternwarte veröffentlicht. Dann publizierte Miss Antonia Maury eine detaillierte Studie über die photographischen Spektra der zu Cambridge (N.-A.) am nördlichen Himmel sichtbaren Sterne im 1. Teile des 28. Bandes der genannten

---

[1]) Monatsber. der Kgl. Preuss. Akad. der Wiss. 1880. p. 801. Diese Untersuchg. Vogels finden sich mitgeteilt im Sirius 1881. p. 76.

[2]) Comp. rend. 1879. 89. p. 295.

Annalen. Jetzt hat nun Miss Annie J. Cannon im 2. Teile des nämlichen Bandes der Harvard-Annalen eine ähnliche Untersuchung bezüglich der Sterne des südlichen Himmels veröffentlicht. In diesen 3 Untersuchungen wurde das Prinzip festgehalten, die Sterne nach dem Grade der Übereinstimmung oder Ähnlichkeit ihrer Spektra aneinander zu reihen, ohne Berücksichtigung theoretischer Vorstellungen oder früherer Studien der sichtbaren Spektra derselben von seiten anderer Astronomen. Die Arbeit von Mrs. Fleming konnte sich nur auf photographische Aufnahmen stützen, die mit geringer Grösse der Spektra erhalten waren, folglich konnten geringe Unterschiede im Aussehen der Spektra nicht wahrgenommen werden; die beiden andern Untersuchungen verfügten dagegen über ein Material an photographierten Spektren, die mit starker Dispersion erhalten waren, und folglich wurden nun auch geringere Unterschiede bemerkbar. Miss Maury unterschied im ganzen 22 Spektralklassen, welche sich eng aneinanderschliessen, so dass fast alle Sterne mit fast unmerklichen Übergängen ihrer Spektra aneinander gereiht werden konnten. Miss Cannon ist dagegen bei ihrer Untersuchung der Spektra südlicher Sterne wieder zu der Klassifizierung von Mrs. Fleming zurückgekehrt, hat aber zwischen die Klassen desselben noch eine Anzahl von Zwischenklassen eingeschoben. Ehe wir hierauf eingehen, mögen zunächst die von ihr angewandten allgemeinen Bezeichnungen der Spektrallinien hervorgehoben werden. Sie bezeichnet als Wasserstofflinien die bekannten Spektrallinien, welche gewöhnlich die Buchstaben Hα, Hβ bis Hv haben, als additionale Wasserstofflinien dagegen die 2. Reihe der Wasserstofflinien (Hβ' bis Hδ'), welche zuerst im Spektrum von ζ Puppis identifiziert worden ist. Mit dem Namen Orionlinien werden alle dunklen Linien (mit Ausnahme der des Wasserstoffs und Calciums) bezeichnet, die in den Spektren von Sternen der (weiter unten beschriebenen) Spektralklassen Oe, Oe5B, B, B1A, B2A, B3A und B5A auftreten. Diese Orionlinien können allgemein in zwei Klassen geschieden werden, nämlich diejenigen, welche dem Helium und Parhelium angehören, und solche, welche durch andere Gase und Substanzen hervorgerufen werden. Einige von den Orionlinien sind jüngst mit solchen des Sauerstoffs und Stickstoffs identifiziert worden, so die dreifache Linie ($\lambda = 4069.4$, 4072.0 und 4075.9) in den photographischen Sternspektren mit Sauerstofflinien, die Linien $\lambda = 3994.9$ und 4630.5 mit solchen des Stickstoffs. Die intensivsten Orionlinien, welche nicht dem Helium und Parhelium angehören, sind bis jetzt noch nicht sicher mit Linien bekannter irdischer Stoffe identifiziert worden. Die Bezeichnung Sonnenlinien wurde gebraucht für alle Linien des Sonnenspektrums mit Ausnahme der Wasserstoff- und Calciumlinien. Die Bezeichnung Calciumlinien bezieht sich auf die Linien oder Banden der Wellenlängen $\lambda =$ 3933.8 und 3968.6, die erstere wird oft durch den Buchstaben K

die andere mit H bezeichnet. Die Bande G bezeichnet die Sonnenlinien zwischen $\lambda = 4299.2$ und 4315.2.

In der frühesten Arbeit von Mrs. Fleming über die photographischen Spektra der Sterne wurden diese in Klassen eingeteilt, welche mit grossen lateinischen Buchstaben bezeichnet waren. Es ist zunächst wichtig, die Beziehung dieser Klassen zu den fünf von Prof. E. Pickering aufgestellten Fixsterntypen, welche lediglich auf das Aussehen der direkt sichtbaren Spektra der Sterne (nicht aber der photographischen Spektra) begründet sind, kennen zu lernen. Es entspricht

Flemings	Klasse	A u. B.	dem	Typus	I
»	»	F	»	»	I—II
»	»	G	»	»	II
»	»	K	»	»	II—III
»	»	M	»	»	III
»	»	N	»	»	IV
»	»	O	»	»	V

Die Pickeringschen Typen I, II, III aber sind identisch mit Vogels Spektralklassen I, II, III, der Typus IV entspricht der Vogelschen Klasse IIIb, und Pickerings Typus V enthält nur die wenigen Sterne, deren Spektrum allein aus hellen Linien besteht.

Miss Cannon macht nun zwischen den Klassen A, B. u. s. w. eine Anzahl Unterabteilungen. So gehören z. B. in Klasse B Sterne, deren Spektra die dunklen Wasserstofflinien zusammen mit Linien des Oriontypus von gleicher Intensität enthalten; die Klasse B 1 A umfasst nur solche Spektra, die sehr nahe derjenigen der Klasse B sind, während in die Klasse B 9 A diejenigen Spektra gehören, die nur wenig von denjenigen der Klasse A verschieden sind. Die Spektra der Klasse B 5 A fallen in ihrem Aussehen und den Intensitäten ihrer Linien nahezu in die Mitte zwischen die Spektren der Klassen A und B. Die stufenweise Abnahme der Intensitäten der Orionlinien fällt zusammen mit der stufenweisen Zunahme der Intensität der Wasserstofflinien und dem Auftreten feiner Sonnenlinien, so dass in den Spektren der Klassen B 8 A und B 9 A Sonnen- und Orionlinien vermischt auftreten.

Der Buchstabe A in dieser Klassifikation bezeichnet Spektra des Siriustypus, wovon α Canis majoris und α Lyrae Beispiele bilden. Diese Spektra kann man definieren als solche, in welchen die Orionlinien im allgemeinen fehlen, die Linie K und die Sonnenlinien schwach, dagegen die Wasserstofflinien von grosser Intensität erscheinen.

Der Buchstabe F bezeichnet die Spektra, in welchen die breiten Banden K und H des Calciums die augenfälligsten Streifen sind, während die Wasserstofflinien gleichzeitig noch immer intensiver als die Sonnenlinien erscheinen. Die stufenweisen Übergänge der Klassen A und F werden durch die Kombinationen A 2 F, A 3 F und A 5 F angezeigt.

Der Buchstabe G bezeichnet Spektra des charakteristischen Sonnentypus, wovon das Spektrum von α Aurigae als bestes Beispiel hervorgehoben werden kann. Es ist bis in die kleinsten Eigentümlichkeiten mit dem Sonnenspektrum übereinstimmend. Diese Spektra können definiert werden als solche, in denen die Linien K und H des Calciums und die Bande G die augenfälligsten Linien bilden, während die Wasserstofflinien noch ebenso intensiv als irgend eine der Sonnenlinien sind. Spektra, welche Zwischenstufen von F bis G entsprechen, sind als F 2 G, F 5 G und F 8 G unterschieden worden.

Der Buchstabe K repräsentiert Spektra, die zwischen dem II. und III. Typus liegen, und die kurz definiert werden können als solche, in welchen die Banden K und H, die Bande G und die Linie von der Wellenlänge $\lambda = 4227.0$ die augenfälligsten sind, und in welchen das gegen die kürzern Wellenlängen hin liegende Endteil des Spektrums schwach ist, ausserdem die Verteilung der Helligkeit in den verschiedenen Teilen des Spektrums ungleich ist. Die Wasserstofflinien in dieser Spektralklasse sind schwächer als zahlreiche Sonnenlinien. Spektra zwischen der Klasse G und K wurden mit G 5 K bezeichnet.

Der Buchstabe M bezeichnet im allgemeinen Spektra, die sich von denjenigen der Klasse K hauptsächlich durch plötzliche Verminderungen der Intensität mit zunehmender Wellenlänge, bei $\lambda =$ 4762, 4954, 5168 und 5445 auszeichnen. Spektra zwischen K und M sind mit K 2 M und K 5 M bezeichnet. Da keine Spektra gefunden wurden, welche auf diejenigen der Klasse M folgen, in welche dieser Spektraltypus weiterhin übergeht, so wurden die hierher gehörigen Spektra nur in 2 Unterklassen Ma und Mb unterschieden, so dass mit Mb die Reihe der verschiedenen, unmerklich ineinander übergehenden Spekra schliesst. Die Buchstaben Md repräsentieren Spektra des III. Typus, welche eine oder mehrere hellen Wasserstofflinien zeigen. Spektra des IV. Typus, für welche im Draper-Kataloge der Buchstabe N gewählt worden ist, kommen auf den von Miss Cannon untersuchten Platten nicht vor.

Sterne des V. Typus sind solche, deren Spektra hauptsächlich aus hellen Linien bestehen; sie sind vorzugsweise charakterisiert durch helle Banden der Wellenlängen $\lambda = 4633$ und 4688, auch ist die Linie bei $\lambda = 5007$, welche für die Gasnebel charakteristisch ist, bisweilen vorhanden. Die Sterne dieses Typus sind im Draper-Kataloge mit O bezeichnet worden. In der von Miss Cannon gewählten Klassifikation hat dieser Typus 5 Unterabteilungen, die mit Oa, Ob bis Oe bezeichnet sind. Einige wenige Spektra zwischen der Klasse Oe und B wurden durch das Symbol Oe 5 B bezeichnet. Sie unterscheiden sich von denjenigen der Klasse Oe hauptsächlich dadurch, dass die Linie $\lambda = 4685.4$ dunkel ist, und durch die Anwesenheit der dunklen Linie $\lambda = 4649.2$ statt des

hellen Bandes $\lambda = 4633$; von den Spektren der Klasse B sind sie durch die grössern Intensitäten der additionalen Wasserstofflinien und der Linie 4685.4 unterschieden. Der Buchstabe P bezeichnet die Spektra planetarischer Nebel, Q dagegen eigentümliche Spektra mit hellen Linien. Endlich blieben noch einige Spektra übrig, welche dem Oriontypus angehören, aber gleichzeitig eine oder mehrere helle Wasserstofflinien zeigen; dieselben zeigen keine deutliche Beziehung zu andern. Zuletzt wurden dann noch einige wenige Spektra gefunden, die deutlich eine Übereinanderlagerung zweier verschiedener Spektraltypen zeigen, so dass sie als kombinierte Spektra bezeichnet wurden. Darunter fanden sich fünf Spektra, welche eine periodische Verdoppelung ihrer Linien zeigen, deren Sterne also spektroskopische Doppelsterne sind. Es sind folgende:

a) kombinierte Spektra:

	Rektasz. (1900.0)	Dekl.	Grösse	Spektrum
ε Carinae . . .	8h 20.4m	—59° 11′	1.74	K
η Centauri . .	14 29.2	—41 43	2.54	B 3 A
λ Circini . . .	15 15.4	—58 58	4.41	B 5 A
α Scorpii . . .	16 23.2	—26 13	1.06	Ma
c³ Aquarii . .	23 4.5	—23 0	4.89	A 2 F oder A 3 F

b) spektroskopische Doppelsterne:

	Rektasz. (1900.0)	Dekl.	Grösse	Spektrum
— Puppis . .	7h 55.3m	—48° 58′	4.50	B 3 A
ζ Centauri . .	13 49.3	—46 47	2.81	B 2 A
π Scorpii . .	15 52.8	—25 49	3.08	B 2 B
μ¹ Scorpii . .	16 45.1	—37 53	3.26	B 3 A

Die Periode des Sternes in Puppis beträgt 1.454 Tag, diejenige von ζ Centauri 8.024 Tage, jene von π Scorpii 1.571 Tag und diejenige von μ^1 Scorpii 1.446 Tag.

Die Gesamtzahl der von Miss Cannon bezüglich ihrer photographischen Spektra untersuchten Sterne beträgt 1122, von denen zu Arequipa 5961 Platten aufgenommen wurden, sämtlich mit dem 13zolligen Boydenteleskop, Die erste Platte wurde am 29. Novbr. 1891, die letzte am 6. Dezember 1899 exponiert. Die untersuchten Sterne stehen auf dem Raume des Himmels südlich von 30° südl. Deklination und sind 5. Grösse oder heller, auch sind lichtschwächere darunter und endlich auch einige, die nördlich von jener Grenzlinie stehen. Die photographischen Aufnahmen wurden gemacht, nachdem entweder 1, 2 oder 3 Prismen vor dem Objektive des Refraktors angebracht waren. Die Dispersion dieser Prismen ist eine solche, dass die Spektra in jedem der 3 Fälle zwischen den Linien Hε und Hβ eine Länge von resp. 2.24, 4.86 und 7.43 *cm* besitzen, bei einer Höhe von nicht unter 0.5 *cm* je nach der Helligkeit des Sternes. Die Zeitdauer der Exponierung betrug im allgemeinen eine Stunde.

Die Klassifizierung der 1122 Spektra ergab nun, dass die meisten in einer Reihenfolge mit mehr oder weniger allmählichen Übergängen untergebracht werden können, so dass die Spektra der

Klasse Oe am einen und diejenigen der Klasse Mb am andern Ende der Reihe zu stehen kommen, wobei jedoch die physische Aufeinanderfolge der Entwickelung auch umgekehrt sein kann. Nimmt man aber diejenige von Oe bis zu Mb, als wahrscheinlich mit Laplaces Entwickelungstheorie übereinstimmend, an, so hat man kurz folgende Aufeinanderfolge: Breite, verwaschene, helle Banden. welche mit beiden Reihen der Wasserstofflinien korrespondieren, und zwei helle Banden bei den Wellenlängen $\lambda = 4606$ und 4688 sind vorhanden. Die Wasserstofflinien und Band $\lambda = 4633$ werden schmaler, Band 4606 wird ersetzt durch ein Band mit der Wellenlänge 4633. Demnächst werden die beiden Reihen der Wasserstofflinien dunkel, während die Banden 4633 und 4688 noch hell bleiben, wenngleich weniger breit und intensiv. Während diese Banden abnehmen, beginnen die Helium- und andere Orionlinien sichtbar zu werden. Zwei wohl markierte dunkle Linien bei $\lambda = 4649.2$ und 4685.4 sind sichtbar, während die hellen Banden verschwinden. Die Linie 4685.4 scheint mindestens die Umkehrung eines Teiles der hellen Bande 4688 zu sein. Die Linien 4649.2 und 4685.4, zusammen mit 4089.2 und 4116.2, von denen keine dem Helium oder Parhelium zuzuschreiben ist, werden jetzt die am meisten charakteristischen Orionlinien, da sie im ganzen augenfälliger erscheinen als die Heliumlinien. Die additionalen Wasserstofflinien nehmen an Intensität ab, bis sie unsichtbar werden, während die Heliumlinien das Maximum ihrer Intensität erreichen. Die Linien 4089.2, 4116.2 und 4649.2 nehmen rapid ab, so dass sie unsichtbar sind, während die Heliumlinien am intensivsten erscheinen. Diese letztern bleiben länger sichtbar als die übrigen Orionlinien, und einige von ihnen zeigen sich noch in Spektren, welche bereits schwache Sonnenlinien besitzen. Das Eingehen der Heliumlinien tritt ein, wenn die Wasserstofflinien das Maximum ihrer Intensität erreichen. Jetzt nehmen die Sonnen- und Calciumlinien rapid an Intensität zu, während gleichzeitig eine korrespondierende Abnahme der Wasserstofflinien eintritt. Die Bande G wird sichtbar. Die Lichtverteilung in verschiedenen Teilen des Spektrums ist jetzt ungleichmässig. Zwei bestimmte helle Banden erscheinen zwischen $H\gamma$ und $H\beta$, und das Spektrum wird gegen das Ende der kürzern Wellenlängen so schwach, dass die Banden K und H kaum noch auf Platten von normaler Exponierung gesehen werden können. Die Calciumlinie 4227.0 wird augenfälliger als die Bande G. Das Spektrum wird gegen das Ende der grössern Wellenlängen hin bandenreich, plötzliche Änderungen der Intensität entstehen bei den Wellenlängen 4762, 4954, 5168 und 5445. Diese Änderungen sind zuerst kaum merklich, aber später werden sie immer deutlicher, bis sie zuletzt die augenfälligsten Züge des Spektrums bilden.

Miss Cannon giebt für die einzelnen von ihr unterschiedenen Spektralklassen die folgenden Sterne als typisch an:

Klasse	typischer Stern	Klasse	typischer Stern
Oa . .	Carinae AGC 15305,	A2F . .	ι Centauri,
Ob . .	Canis maj. AGC 8631,	A3F . .	τ^3 Eridani,
Oc . .	Scorpii AGC 22763,	A5F . .	α Pictoris,
Od . .	ζ Puppis,	F . . .	α Carinae,
Oe . .	29 Canis majoris,	F2G . .	π Sagittarii,
Oe5B .	τ » »	F5G . .	α Canis minoris,
B . . .	ε Orionis,	F8G . .	α Fornacis,
B1A . .	β Centauri,	G . . .	α Aurigae,
B2A . .	γ Orionis und α Lupi,	G5K . .	α Reticuli,
B3A . .	α Pavonis,	K . . .	α Phoenicis und ε Scorpii,
B5A . .	φ Velorum,	K2M . .	υ Librae,
B8A . .	γ Gruis,	K5M . .	α Tauri,
B9A . .	λ Centauri,	Ma . .	γ Hydri,
A . . .	α Canis majoris,	Mb . .	γ Crucis.

Um die verschiedenen Typen der Sternspektren vorzuführen, wurden Vergrösserungen verschiedener Originalnegative von Edward S. King hergestellt und Lichtdrucke derselben der Abhandlung von Miss Cannon beigefügt. Man findet auf Tafel II einen Teil derselben in Reproduktion. Die Orientierung der Spektra ist derart getroffen, dass in allen untereinander dargestellten Spektren die Endpunkte der $H\gamma$-Linien aufeinander treffen. Es ist nur der Teil des Spektrums zwischen den Wellenlängen $\lambda = 3800$ und 5000 dargestellt. Links neben den Spektren ist die Bezeichnung der Klasse, zu welcher sie gehören, angegeben; rechts am Rande der Name jedes der 6 Sterne; die Bezeichnungen der Wasserstofflinien $H\varepsilon$, δ, γ, β sind oben über dem ersten Spektrum den betreffenden Linien beigefügt. Im Spektrum von ε Orionis ist nahe der Mitte zwischen $H\varepsilon$ und $H\delta$ die Heliumlinie $\lambda = 4026.4$ stärker als auf dem Originalnegative. Von den drei stärksten Linien zwischen γ und β ist die erste und letzte eine Heliumlinie.

Das Spektrum von α Carinae zeigt die Wasserstofflinien weniger intensiv als dasjenige von α Canis majoris. Die breite dunkle Linie links neben ε ist eine Calciumlinie.

Im Spektrum von α Aurigae, welches völlig dem Sonnenspektrum entspricht, sind die Linien K und H des Calciums und die Bande G links neben γ am meisten hervortretend.

Im Spektrum von α Bootis erreichen die Banden K und H das Maximum ihrer Intensität, während die Wasserstofflinien sehr schwach sind. Der Teil des Spektrums zwischen $H\gamma$ und β ist heller als derjenige von kürzern Wellenlängen.

Im Spektrum von α Orionis ist der Teil mit kürzern Wellenlängen schwach infolge der roten Farbe dieses Sternes; auch enthält dasselbe zahlreiche, schmale, helle Linien, von denen schwer zu entscheiden ist, ob sie infolge von wirklicher Lichtzunahme oder zunehmender Absorption der benachbarten dunklen Linien so erscheinen. Die Helligkeit des Spektrums zeigt eine plötzliche Verminderung zwischen den Wellenlängen 4762 und 4954.

Der Veränderliche o Ceti (Mira). Eine möglichst vollständige Bearbeitung aller über diesen Stern vorhandenen Beobachtungen hat Dr. Guthnick unternommen und durchgeführt.[1])

Die meisten Beobachtungen über die Helligkeit von Mira sind nach der von Argelander eingeführten Methode der Stufenschätzungen angestellt worden. Im ganzen ist Mira etwa 4 Monate lang dem blossen Auge sichtbar, dann sinkt der Stern an Helligkeit bis unter 9.5 Grösse herab. Indessen sind die Beobachtungen aus dieser Phase seines Lichtwechsels nur spärlich; die meisten Beobachtungen beziehen sich auf die Zeit, wenn der Stern dem blossen Auge sichtbar ist. Um die einzelnen Helligkeitsschätzungen der Beobachter untereinander vergleichbar zu machen, musste Dr. Guthnick zuerst eine Normalskala für die durch Stufen ausgedrückten Helligkeiten der Vergleichsterne aus allen Beobachtungsreihen ableiten.

Nachdem auf diese Weise die Möglichkeit gegeben war, die jeweilige Helligkeit von Mira nach einem fortlaufenden einheitlichen Systeme von Stufen auszudrücken, wurden alle vorhandenen Beobachtungen auf dieses System reduziert und dadurch eine umfassende Tabelle der in Stufen ausgedrückten Helligkeit dieses Veränderlichen erhalten, so weit darüber Beobachtungen von 1596 bis zum März 1900 vorhanden sind. Daraus wurden weiter die Zeiten bestimmt, wann der Stern in seinem grössten Lichte (Maximum) und in seiner geringsten Helligkeit (Minimum) war, und Kurven gezeichnet, welche den Gang des Lichtwechsels im einzelnen darstellen. Es fand sich, dass manche dieser Lichtkurven einander sehr ähnlich sind, und nach vielen Versuchen kam Dr. Guthnick auf folgende 4 Gattungen oder Klassen dieser Lichtkurven.

1. Gattung: 1660, 1779, 1839, 1898. Helle Erscheinungen mit schneller Lichtänderung auch im Maximum. Aufstieg der Kurve sehr schnell, Abfall langsamer; sekundäre Erscheinungen bei allen Vertretern angedeutet, am schwächsten bei 1779. Die Helligkeit im Maximum schwankt zwischen rund 35 und 45 Stufen. Die Dauer der Erscheinung für das blosse Auge ist immer sehr gross; bei 1898 beträgt sie sogar 150 Tage, gerechnet von 6.0 zu 6.0 Grösse. Vier beobachtete Maxima dieser Gattung zeigen, dass die diesem Kurventypus zu Grunde liegende Ursache eine Periode von ungefähr $65^1/_2$ Einzelperioden hat, und das Maximum ihres Einflusses traf zeitlich am nächsten mit dem Maximum von 1779 zusammen. Die nächste Erscheinung dieser Gattung wird voraussichtlich im Jahre 1958, resp. 1957 eintreten; da dieselbe auf einen der 3 Monate September, Oktober oder November fallen dürfte, so wird sie gut zu beobachten sein.

---

[1]) Nova Acta. Abhandl. d. Kais. Leop.-Carol. Dtsch. Akad. d. Naturforscher 79. No. 2. Halle 1901.

2. Gattung: Sehr schwache Erscheinungen, 1867, 1868, 1886 und 1887. Die Helligkeit im Maximum ist sehr gering; am kleinsten 1868 mit + 8.5 Stufen; die obere Grenze wird man etwa bei 15 Stufen zu setzen haben. Die Zunahme des Lichtes ist schneller bis gleich schnell wie die Abnahme. Die Dauer der ganzen Erscheinung mit blossen Augen von 6.0 bis 6.0 Grösse ist sehr kurz, in 1867 kaum 70 Tage. Das paarweise Auftreten, durch je eine hellere Erscheinung voneinander getrennt, ist möglicherweise charakteristisch. Leider scheint dieser Typus ausserdem noch nicht beobachtet worden zu sein, wenigstens kann man keine der ältern Beobachtungen mit Sicherheit dazu rechnen. Das Gesetz derselben wird deshalb vorläufig noch nicht ermittelt werden können. Sehr schwache Maxima waren ausser diesen noch in den Jahren 1884 (?), 1880, 1780, 1729, es ist aber zweifelhaft, ob sie zu den obigen zu rechnen sind. Wahrscheinlich sind sie nur extreme Glieder des folgenden Typus, am ehesten gehört 1729 noch zur Gattung 2.

3. Gattung: Erscheinungen von mittlerer bis ziemlich geringer Helligkeit im Maximum. Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit von Zunahme nnd Abnahme ist gross, erstere viel schneller als die letztere, das Verweilen im Maximum kurz, die Dauer der ganzen Erscheinung infolge der langsamen Lichtabnahme zuweilen sehr lang. Die Helligkeit ist zuweilen so gering, dass ein Übergang zur 2. Gattung einzutreten scheint, da auch die Kurvenformen einander sehr ähnlich sind; bei keiner Erscheinung wurde die Helligkeit 30 Stufen erreicht. Der Typus ist sehr rein in dem Maximum 1886 b erhalten. Die Vertreter dieser Gruppe sind: 1819, 1869, 1877 a, 1879, 1880 (?) (unvollständig) 1889. Die Erscheinungen 1702, 1847, 1849 mögen ebenfalls hierhin als eine Untergruppe gehören. Ausserdem gehört vielleicht noch eine Anzahl der übrigen Erscheinungen dazu, die nicht so vollständig beobachtet sind, dass man mit Sicherheit darüber entscheiden könnte.

4. Gattung: Die Zunahme des Lichtes ist meist sehr schnell, dann aber tritt eine mehrere Monate dauernde Konstanz des Lichtes ein; darauf beginnt die Abnahme, die um so schneller ist, je länger die Konstanz gedauert hat. Die Helligkeit ist sehr verschieden, geht jedoch nicht unter 20 Stufen herunter. Manchmal ist eine scharfe Unterscheidung von der vorigen Gattung schwierig. Dieser Typus scheint am meisten sekundären Abweichungen unterworfen zu sein. Sehr rein erhalten ist er z. B. in den Erscheinungen 1848 und 1897.

Die Häufigkeit ihres Vorkommens lässt diese Kurvenform als die für den Veränderlichen typische erscheinen, woraus alle andern Formen durch irgend welche störenden Einflüsse entstehen. Wenn dem so ist, so wird man nur aus der Untersuchung der drei ersten Gattungen und der sekundären Erscheinungen für die Zukunft neue Aufschlüsse über den Stern erhalten können.

Die beiden letzten Kurvenformen scheinen gruppenweise aufzutreten. Ausser diesen Formen sind jedoch noch zwei vorhanden, auf die besonders hingewiesen werden muss, weil sie ebenfalls möglicherweise für eine dereinstige Erklärung des Lichtwechsels wichtig sind. Die Erscheinungen 1866 und 1867 b weisen beide eine sehr merkwürdige Eigentümlichkeit auf, die sonst nicht wieder beobachtet ist. Nach schneller Zunahme ward die Helligkeit plötzlich eine Zeitlang konstant, noch lange ehe das Maximum erreicht ist, um dann nach einiger Zeit wieder merklich zuzunehmen. Auf 1866 folgte mit 60 Tagen Verspätung ein ausserordentlich schwaches Minimum und auf dieses das schwache Maximum 1867 a von der Gattung 2. Dem Maximum 1867 b ging ein sehr schwaches Minimum voraus, und es folgte das Maximum 1868 ebenfalls von der Gattung 2. Dagegen zeigen die Maxima in der Nachbarschaft von 1886 a und 1887 nichts Besonderes.

Schliesslich macht Dr. Guthnick noch auf die kontinuierliche Änderung der Schnelligkeit der Lichtzunahme in den Maximis 1857 a bis 1861, deren grösster Wert 1858 stattfand, aufmerksam. Man habe es hier möglicherweise mit einer Erscheinung zu thun, die für die Erklärung des Sternes von grosser Wichtigkeit ist. Auch bei den Minimumkurven ist sie angedeutet.

Was die Periode des Lichtwechsels anbelangt, so ist sie, wie schon bemerkt, sehr schwankend, als Mittelwert für ihre Dauer findet Dr. Guthnick 331.7018 Tage. Teilt man die Beobachtungen in 3 Zeitabschnitte, so ergiebt sich als mittlere Dauer der Periode des Lichtwechsels:

Von 1660 bis 1720 : 332.188 Tage
1720 « 1839 : 331.569 «
1839 « 1898 : 331.471 «

Aus dieser Zusammenstellung ist die Abnahme der mittlern Periode sehr deutlich zu erkennen, man sieht aber auch, dass die Abnahme in der Gegenwart beträchtlich langsamer geworden ist. Die mittlere Periodendauer erleidet nun beträchtliche Störungen, mit denen sich Dr. Guthnick eingehend beschäftigte. Er findet, dass eine Störung während 79 Lichtwechseln ihren Cyklus durchläuft und eine andere während 93 Perioden des Sternes. Ferner fand sich eine Störung, deren Cyklus während 200 Einzelperioden des Lichtwechsels abläuft. Die mittlere Helligkeit des Sternes im Maximum beträgt 26.2 Stufen der oben erwähnten Normalskala, jedoch finden starke Schwankungen statt, die sehr komplizierten Gesetzen gehorchen. Es scheint Dr. Guthnick nicht unwahrscheinlich, dass diese Schwankungen in Cyklen von langer Dauer wiederkehren, eine Ungleichheit vielleicht auch nach je 2 Lichtwechselperioden, doch bleibt diese zweifelhaft. Schliesslich verbreitet er sich über das Spektrum von Mira und über die Ursache des Lichtwechsels. »Bekanntlich treten in dem Spektrum der Mira, wahrscheinlich nur zur

Zeit der Maxima, die Wasserstofflinien Hγ und Hδ, sowie vielleicht noch einige andere Linien hell auf (die Linie Hε dagegen scheint nie hell zu sein); dies ist wahrscheinlich zuerst von Dunér bemerkt worden. Ferner ist sehr wichtig eine Beobachtung, die Campbell während des Maximums der ersten Gattung von 1898 gemacht hat.[1] Er sah während der betreffenden Erscheinung die Linien Hγ und Hδ in drei ungleiche Komponenten zerlegt. Die dunklen Linien des Miraspektrums waren 1898 gegen das rote Ende verschoben und ergaben eine Geschwindigkeit in der Gesichtslinie zu der Erde von + 62.3 *km*. Dagegen waren die hellen Linien gegen das violette Ende verschoben. Im Gegensatze hierzu haben Vogel und Wilsing[2] bei der Untersuchung von 11 Spektrogrammen, die während des Maximums 1896a aufgenommen wurden, gefunden, dass die hellen Wasserstofflinien wahrscheinlich gegen Rot verschoben waren. Eine Verdoppelung derselben ist nicht angedeutet gewesen. Ausser den hellen Wasserstofflinien (Hε dunkel, resp. von der Sonnenlinie H überdeckt?) wurden 1896a keine andern hellen Linien gesehen. Es ist allerdings im Auge zu behalten, dass die Kraft der angewandten Instrumente bei diesen Untersuchungen sehr ins Gewicht fällt und daher nicht notwendig alle angeführten Veränderungen im Spektrum der Mira reell sein müssen.«

Zur Erklärung der Lichtschwankungen veränderlicher Sterne wie Mira hat Klinkerfues im Jahre 1865 folgende Hypothese aufgestellt. Diese Sterne sind Doppelsterne, bei denen der Hauptstern von einer sehr dichten Atmosphäre umhüllt wird. Der umlaufende Begleiter erzeugt in dieser Atmosphäre gewaltige Flutwellen, und wenn er dem Hauptsterne am nächsten ist und dabei auf der von der Erde abgewendeten Seite desselben steht, so muss die lichtabsorbierende Atmosphäre des Hauptsternes zum grossen Teile von der uns zugewandten Seite fortgezogen werden. Wir sehen dann die leuchtende Photosphäre des Sternes ungehinderter, und dieser muss dadurch heller erscheinen. Natürlich müssen die auf solche Weise entstehenden Deformationen in der Atmosphäre eines veränderlichen Sternes sehr bedeutend sein, um grosse Helligkeitsschwankungen zu erklären. Was Mira anbelangt, so hält Dr. Guthnick dafür, dass die Klinkerfuessche Hypothese geeignet ist, die Beobachtungen zu erklären. Bezüglich des merkwürdigen Verhaltens der hellen und dunklen Linien zu einander müsse man sich fragen, ob dieselben nicht zwei verschiedenen übereinander gelagerten Spektren angehören. Die regelmässige Wiederkehr der Maxima der ersten Gattung, sowie die anscheinend diesen eigentümliche Spaltung der Wasserstofflinien wird nach Guthnick am zwanglosesten durch die Annahme eines ausser dem gleich zu

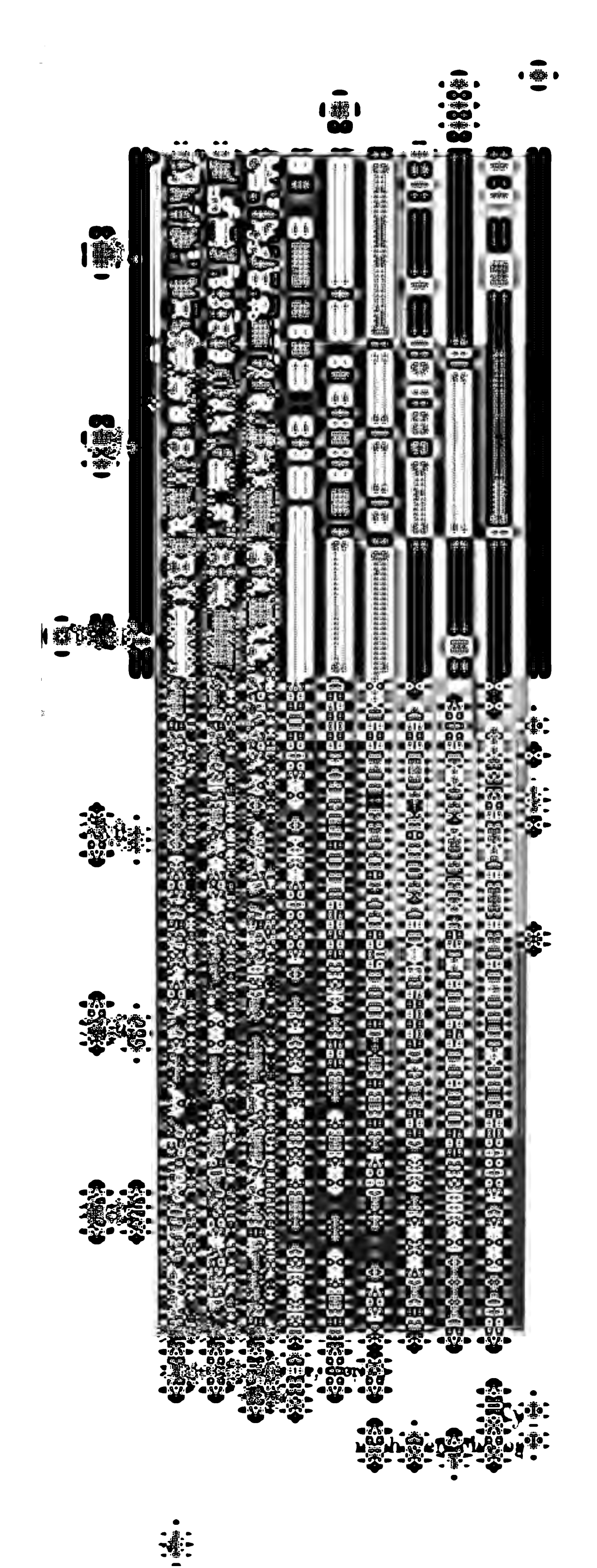
---

[1] Astroph. Journal 9. p. 31.

[2] Vogel: Über das Spektrum von Mira Ceti, Sitzungsber. der Berl. Akad. 1896. 17.

besprechenden Hauptbegleiter existierenden Trabanten erklärt, dessen Umlaufszeit etwa 59½ Jahre beträgt, und dessen Bahn so elliptisch ist, dass in der Nähe des Periastrums merkliche Deformationen der Atmosphäre hervorgerufen werden. »Zu dieser speziellen Annahme,« sagt er, »zwingt die Thatsache, dass der Einfluss, welcher die Maxima erster Gattung hervorbringt, nur an diesen selbst sich zeigt. Bezüglich der Lage der Bahn kann man natürlich nichts Bestimmtes sagen. In letzterem Punkte hat man etwas mehr Anhalt bei dem Hauptbegleiter, dessen Einfluss der Lichtwechsel in der Hauptsache zugeschrieben werden muss. Da einerseits nämlich eine Ungleichheit von 2 Perioden in der Periode nicht, oder nur sehr schwach, angedeutet ist, anderseits aber die Minima nicht die Mitte halten zwischen den benachbarten Maximis, indem nach den vorliegenden Beobachtungen der Zeitraum von einem Maximum zum folgenden Minimum im Mittel 211.55^d, derjenige zwischen einem Minimum und dem folgenden Maximum aber 118.94^d beträgt, so ist man zuerst gezwungen, die Umlaufszeit des Begleiters gleich der einfachen mittlern Periode anzunehmen; ferner lassen sich die Erscheinungen nur dann erklären, wenn man annimmt, dass wir unter einem etwas spitzen Winkel auf die Bahnebene sehen, und die Apsidenlinie ebenfalls unter einem mässig spitzen Winkel gegen die Absehenslinie geneigt ist. Die Bahn müsste wiederum so exzentrisch angenommen werden, dass in der grössten Entfernung des Begleiters kein bedeutender oder vielmehr gar kein Einfluss auf die Atmosphäre des Hauptsternes ausgeübt wird.«

»Man kann sich nicht verhehlen,« schliesst Dr. Guthnick, »dass die Annahme dieser 2 Begleiter wohl nicht ausreichen wird, alle Erscheinungen des Lichtwechsels unseres Sternes zu erklären, und dass sie auch sonst noch manche Schwierigkeiten in sich birgt, die nur durch neue Hypothesen beseitigt werden können. Eine Folge der oben angedeuteten Konstitution des Systemes wird z. B. sein, dass der Stern im Minimum längere Zeit absolut konstant sein müsste. Da dies aber in Wirklichkeit nicht oder doch nur selten der Fall ist, so müsste man weiter annehmen, dass jedes Maximum auch noch von besondern Wärme- (und Licht-)erscheinungen (Eruptionen von Gasen aus dem Innern und dergl.) begleitet ist, was allerdings angesichts der jedenfalls gewaltigen Druckdifferenzen, welche ein Ort auf der Oberfläche des Sternes in kurzer Zeit durch die Höhenänderung der Atmosphäre erleidet, und angesichts des Umstandes, dass die Anziehung auch auf die im Innern des Sternes gelegenen Massen wirkt, sehr plausibel scheint. Solche Wärmeerscheinungen würden einerseits die schnelle Zu- und langsame Abnahme des Lichtes, anderseits die unsymmetrische Lage der Minima zwischen den Maximis mit erklären. Man sieht aus diesen letzten Bemerkungen, wie wichtig und wahrscheinlich auch erfolgreich es sein würde, den Stern einmal konsequent durch eine Reihe von Er-





scheinungen mit dem Spektrographen zu verfolgen, jedoch sind zu solchen Untersuchungen die allerstärksten Instrumente unbedingt notwendig.«

Der Veränderliche ζ Geminorum ist von März 10 bis Mai 23 1902 nach Argelanders Methode durch E. P. McDermott jr. beobachtet worden.[1]) Diese Beobachtungen machen wahrscheinlich, dass 3 Tage vor dem Hauptmaximum ein sekundäres Maximum eintritt, in welchem der Stern 3.88 Grösse ist, sowie ein sekundäres Minimum 1.6 Tage vor dem Hauptmaximum mit einer Helligkeit 3.93 Grösse. Der Vergleich mit den nach Chandlers Elementen berechneten Minimis ergiebt, dass die beobachteten Minima im Mittel 1.04 Tage früher eintrafen.

Die Lichtkurve von β Persei (Algol). Eine möglichst genaue Darstellung des Verlaufes der Lichtkurve, welche dieser Veränderliche zeigt, ist besonders seit der Entdeckung der wahren Ursache seiner Lichtänderungen von hoher Wichtigkeit, weil auf diese Weise die Dimensionen Algols und seines dunklen Begleiters abgeleitet werden können. Die bisherigen Angaben über den Verlauf des Lichtwechsels beruhen hauptsächlich auf Schätzungen der Helligkeit nach Argelanders Methode, wobei der Veränderliche mit benachbarten Sternen verglichen wird.

Zwar haben Lindemann und Pickering auch photometrische Messungen dieses Veränderlichen ausgeführt, doch sind dieselben nicht zahlreich genug, um die Lichtkurve genauer darzustellen. Nun ist aber im vorliegenden Falle die genaue Ermittelung der Form der Lichtkurve von grösster Wichtigkeit, und diese kann nur durch photometrische Messungen mit grösserer Schärfe ermittelt werden. Deshalb hat Prof. G. Müller vom Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam schon 1878 regelmässige Messungen des Algol in den verschiedenen Phasen seiner Lichtänderung angestellt, über die er nunmehr berichtet.[2]) Sein Plan war, während einer längern Reihe von Jahren eine sehr grosse Zahl von Algolminimis so vollständig als möglich zu beobachten, ausserdem die Helligkeit ausserhalb des eigentlichen Lichtwechsels im Hinblicke auf etwaige sekundäre Minima andauernd zu verfolgen. Auch beabsichtigte er, ähnlich wie Lindemann, gelegentlich eine Anzahl von Minimis gleichzeitig mit dem Photometer und nach der Stufenschätzungsmethode zu beobachten, um weiteres Material zur Vergleichung der beiden Methoden zu sammeln. Doch hat er dieses Programm nur bis zum Jahre 1881 einigermassen konsequent durchführen können. Die genaue Bearbeitung hat indessen gezeigt, dass das Material durchaus ausreichend ist zu einer sichern Bestimmung der Lichtkurve für den

[1]) Astrophys. Journal. 16. p. 117.
[2]) Astron. Nachr. No. 3782.

Zeitraum von 1878—1881, und da eine Neubestimmung dieser Lichtkurve, zumal auf Grund von photometrischen Messungen, immer von Interesse ist, so hat er sich zur Veröffentlichung des gesamten Materiales entschlossen.

Die Messungen sind mit dem Zöllnerschen Photometer der Berliner Sternwarte angestellt worden. Als Vergleichstern wurde stets δ Persei benutzt, dessen Helligkeit, bezogen auf das System der Potsdamer Durchmusterung, als 3,27 Grössenklasse angenommen wurde. Im Maximum ist Algol um 0.8 Gr. heller, im Minimum um 0,3 Gr. schwächer als δ Persei.

G. Müller giebt in Tabellen eine Zusammenstellung seiner sämtlichen Helligkeitsbestimmungen des Algol, welche im ganzen 16 Minima umfassen. Da es ihm in erster Linie auf eine genaue Ermittelung der Form der Lichtkurve und insbesondere auch auf die Feststellung der Dauer der eigentlichen Lichtänderung ankam, so wurde von vornherein darauf geachtet, entweder den aufsteigenden oder den absteigenden Zweig der Lichtkurve möglichst weit zu verfolgen. Natürlich ist dies nur in einzelnen Fällen geglückt, und die Beobachtungen sind in der Nähe des Minimums am dichtesten zusammengedrängt. Immerhin zeigen seine Messungen mit einiger Sicherheit, dass die ganze Zeitdauer vom Beginne der Lichtabnahme bis zur Wiedererreichung des vollen Lichtes nicht, wie man bisher gewöhnlich angiebt, 9—10 Stunden beträgt, sondern merklich länger, und zwar zu 12—13 Stunden, angenommen werden muss.

Zur definitiven Entscheidung der Frage nach etwaigen Unregelmässigkeiten während der Dauer des vollen Lichtes oder nach einem sekundären Minimum ist die Zahl der Müllerschen Messungen bei weitem nicht ausreichend, aber so viel geht doch mit einiger Sicherheit aus denselben hervor, dass, wenn wirkliche Lichtschwankungen ausserhalb der Minima vorkommen sollten, dieselben den Betrag von 0.1 Gr, schwerlich überschreiten können, also selbst durch die sorgfältigsten Messungen nicht mit Gewissheit nachzuweisen sind.

Aus den mitgeteilten Beobachtungen lassen sich durchweg regelmässige Kurven des Lichtwechsels darstellen und aus diesen die Zeiten des kleinsten Lichtes bis auf 6 oder 8 Minuten abschätzen. Früher hat Chandler aus allen von 1782—1887 beobachteten Algolminimis eine Formel abgeleitet, um die Zeitpunkte der Minima zu berechnen. Diese berechneten Minima stimmen indessen mit den aus Müllers Beobachtungen abgeleiteten nicht überein, und zwar ist die Abweichung zu gross, um sie durch Unsicherheit der Beobachtungen des letztern zu erklären. Müller sagt: »Wie Chandler in seiner ausführlichen Bearbeitung einer ausserordentlich grossen Zahl von Algolminimis aus den Jahren 1782—1887 nachgewiesen hat, lassen sich die Änderungen der Periodenlänge durch seine Formel in grossen Zügen ausreichend darstellen; aber damit ist nicht gesagt, dass nicht in kürzern Zeiträumen unregelmässige

Schwankungen der Periodendauer vorkommen können, die sich durch keine allgemeine Formel ausdrücken lassen. Es ist schon mehrfach darauf hingewiesen worden, dass die Periodenlänge bisweilen für einige Zeit konstant zu bleiben scheint, und dass die Änderungen mehr sprungweise vor sich gehen. Auch meine Beobachtungen, die sich der Chandlerschen Formel nicht recht anpassen wollen, lassen sich durch Annahme einer innerhalb mehrerer Jahre konstanten Periode sehr gut darstellen.«

Müller findet aus seinen Beobachtungen eine für 1878 März 9 berechnete Periodendauer des Algol von $2^d\ 20^h\ 48^m\ 56.853^s$, mit der er seine sämtlichen Messungen 1878—1881 genügend darstellen kann. Eine Messung aus dem Jahre 1887 zeigt dagegen so grosse Abweichungen, dass man auf eine seit 1881 eingetretene Verkürzung der Periode schliessen muss.

Aus seinen sämtlichen 355 Einzelbestimmungen hat Dr. Müller eine Tabelle der Helligkeitsänderungen des Algol zusammengestellt, welche diese Änderungen für die Zeit von 8^h vor bis 8^h nach dem Minimum enthält. Mit Hilfe dieser Normalwerte ist die Lichtkurve Algols konstruiert worden. Es hat sich dabei folgendes ergeben:

1. Die Helligkeitswerte schliessen sich sowohl für den absteigenden als für den aufsteigenden Zweig überall bis auf wenige Hundertstel einer Grössenklasse ungezwungen einem gleichmässigen Kurvenzuge an. Es werden also Einbiegungen der Lichtkurve, wie sie von verschiedenen Beobachtern aus Stufenschätzungen vermutet worden sind, durch die photometrischen Messungen, wenigstens für das in Betracht kommende Zeitintervall, nicht bestätigt.

2. Die beiden Zweige der Lichtkurve sind bis zu einer Entfernung von 2 Stunden vom Minimum vollkommen symmetrisch. Von da an scheint die Helligkeit im aufsteigenden Aste etwas schneller anzuwachsen als im absteigenden. Etwa $3\,^1/_2$ Stunden vom Minimum entfernt ist die Helligkeit im aufsteigenden Zweige um 0.07 Gr. grösser als im absteigenden; dann vermindert sich die Differenz, und 6 Stunden vom Minimum entfernt ist die Helligkeit in beiden Zweigen wieder die gleiche. Der ganze Unterschied ist so geringfügig, dass er kaum als sicher verbürgt anzusehen ist; man wird jedenfalls keinen merklichen Fehler begehen, wenn man vollständige Symmetrie annimmt.

3. Der Zeitpunkt des Überganges vom vollen Lichte zu dem eigentlichen Lichtwechsel lässt sich natürlich nicht auf einige Minuten genau angeben; indessen kann man aus der photometrischen Lichtkurve so viel entnehmen, dass die ganze Dauer der Lichtänderung etwa 13 Stunden umfasst, jedenfalls grösser ist, als man bisher gewöhnlich angenommen hat.

4. Für die Minimalhelligkeit Algols ergiebt sich aus der Kurve der Wert 3.55 Gr. (im Systeme der Potsdamer Durchmusterung). Die

Werte, welche sich für die 16 beobachteten Minima direkt aus den zugehörigen Kurven ablesen lassen, schwanken nur zwischen 3.36 und 3.64 Gr. Im Minimum scheint also Algol während der Jahre 1878—1881 stets dieselbe Helligkeit gehabt zu haben.

5. Für das volle Licht Algols folgt aus den Messungen der Wert 2.43 Gr. Bemerkenswert dürfte sein, dass die Beobachtungen für die Zeit von etwa 11—12 Stunden vor und nach dem Minimum auf etwas grössere Helligkeit (2.38 Gr.), dagegen für die Zeit nahe in der Mitte zwischen zwei aufeinander folgenden Minimis auf etwas geringere Helligkeit (2.48 Gr.) schliessen lassen. Es dürfte aber bei dem geringen Betrage des Unterschiedes und mit Rücksicht auf die unzureichende Zahl der Messungen gewagt sein. daraus ein schwaches sekundäres Minimum ableiten zu wollen. Sorgfältige Helligkeitsmessungen, speziell zu den angeführten Zeiten, sind aber in hohem Grade erwünscht.

Neue Veränderliche der Algolklasse. Aus der Vergleichung photographischer Aufnahmen an der Harvardsternwarte hat Mrs. Fleming gefunden, dass ein Stern im Schwan, dessen Position (für 1900) ist: R. A. $21^h\ 55.2^m$ Dekl. $= + 43^0\ 52'$, zu den Veränderlichen des Algoltypus gehört. Er steht nicht weit von dem merkwürdigen Veränderlichen SS Cygni, der ähnliche unregelmässige Lichtänderungen zeigt wie U Geminorum. Die Gegend um SS Cygni ist auf der Harvardsternwarte sehr oft photographiert worden, um den Lichtwechsel dieses Veränderlichen zu untersuchen; diese Aufnahmen sind nun verwertbar, um auch die Lichtänderungen des neuen Veränderlichen festzustellen. Im ganzen finden sich seit 1880 388 Platten, auf denen der Stern in vollem Lichte (8.9 Gr.) erscheint, sowie 19, auf denen er 9.3 Gr. oder schwächer ist. Die Periode des Lichtwechsels findet sich zu 31.304 Tagen. Während 28 Tagen verharrt der Stern in seiner vollen Helligkeit, 8.9 Grösse (photographisch); aber 1 Tag vor dem kleinsten Lichte beginnt er abzunehmen, erreicht 1.05 Tag vor dem Minimum die Grösse 9.0, 0.94 Tag vor demselben die Grösse 9.5, 0.84 Tag vor diesem die Grösse 10.0 und bleibt über einen halben Tag lang konstant in dem kleinsten Lichte von 11.6 Gr. Die Zeitdauer der Lichtzunahme ist anscheinend die gleiche wie die der Abnahme.

A. Stanley Williams hat im Perseus einen neuen veränderlichen Stern der Algolklasse entdeckt, der die provisorische Bezeichnung 14, 1902 Persei erhält. Der Ort desselben am Himmel ist: A. R. $= 2^h\ 30^m\ 50^s$ D. $= + 41^0\ 34.3'$ (1855). In seiner normalen Helligkeit ist der Stern 9.4 Grösse, im Minimum sinkt er dagegen bis zur 12. Grösse. Die Veränderlichkeit wurde durch photographische Aufnahmen der betreffenden Himmelsgegend entdeckt. Die Dauer der Periode des Lichtwechsels ist 8 Tage $1^h\ 21^m\ 32.23^s$.

Der Lichtwechsel des Veränderlichen δ Carinae ist von Alex. W. Roberts zu Lovedale untersucht worden.[1] Es ist einer der von D. Gould zu Cordoba entdeckten und bereits untersuchten Veränderlichen. Die Beobachtungen von Roberts erstrecken sich über den Zeitraum von 1896—1902 und umfassten 20 volle Lichtperioden des Sternes. Aus ihnen ergiebt sich als mittlere Periodendauer 148.72^d und unter Hinzunahme der Gouldschen Bestimmungen der Maximum- und Minimumphase 1872, der nahe damit übereinstimmende Wert von 148.9^d. Die Dauer der Ab- und Zunahme des Lichtes ist nahezu gleich, ein unbestimmtes sekundäres Maximum zeigt sich etwa 40 Tage vor dem Hauptmaximum. Im Maximum ist der Stern etwa 6., im Minimum 9. Grösse.

Der Lichtwechsel des Veränderlichen U Cephei ist von K. Bohlin in Stockholm im Frühling und Herbst 1896 beobachtet worden. Aus der Untersuchung dieser Beobachtungen, die er unlängst veröffentlichte,[2] zieht Bohlin als Ergebnis, dass die Periode der Lichtänderung 2 Tage $11^h\ 49^m\ 44.5^s$ beträgt. Im Maximum ist der Stern etwa 7.7 Gr., im Minimum 9.1. Kurz nach dem Minimum wird der Stern ein wenig heller, bleibt dann etwa 80 Minuten unverändert, sinkt wieder etwas und steigt dann rasch zu seiner grössten Helligkeit an.

Der Veränderliche Y Lyrae ist von A. Stanley Williams während des Jahres 1901 beobachtet worden.[3] Sein Ort am Himmel ist (1900,0) α $18^h\ 34^m\ 12^s$ $\delta + 43^0\ 51.8'$. Die Beobachtungen wurden angestellt mit einem 6-zolligen Spiegelteleskop und 110-facher, selten 225-facher Vergrösserung und bestanden in Schätzungen des Helligkeitsunterschiedes gegen benachbarte Sterne, geschahen also nach der alten Argelanderschen Methode. Bei der Diskussion hat St. Williams auch mehrere frühere Beobachtungen von Prof. Hartwig in Bamberg benutzt. Er findet als Periode des Lichtwechsels $12^h\ 3^m\ 52.21^s$; Epoche des Maximums: 1901 Septbr. 4. $13^h\ 20^m$ m. Zt. v. Gr. Im Maximum der Helligkeit ist der Stern 11.32, im Minimum 12.35 Grösse. Die Zeit vom Minimum zum Maximum beträgt $1^h\ 40^m$, vom Maximum zum Minimum $10^h\ 2^m$, das Verhältnis der Zeitdauer der Zunahme zu dem der Abnahme ist 0.16. Zeichnet man die Kurve des Lichtwechsels, so fällt das rasche Ansteigen der Helligkeit vom Minimum zum Maximum auf, während der Stern geraume Zeit unter 12. Grösse bleibt. Die Lichtkurve hat ungemeine Ähnlichkeit mit derjenigen, welche gewisse veränderliche Sterne im Sternhaufen Messier No. 5 nach den Untersuchungen von Prof. V. J. Bailey zeigen.

---

[1] Monthly Notices 62. p. 419.
[2] Astron. Nachr. No. 3762.
[3] Monthly Notices 62. p. 200.

Beobachtungen über die Helligkeit von γ Argus hat R. T. v. Innes in den Jahren 1900—1902 angestellt.[1] Er giebt folgende Mittelwerte:

1900.3 :	7.68 Grösse	Farbe: 6.3
1901.3 :	7.78 „	„ 6.8
1902.1 :	7.72 „	„ 6.5

Demnach ist der Stern während der angegebenen Zeit praktisch ziemlich unverändert geblieben.

Zwei veränderliche Sterne in dem Nebelflecke N. G. K. 7023. Dieser Nebel steht im Sternbilde des Cepheus in α 21^h 0.4^m $\delta + 67^0 46'$ (für 1900) und zeigt eine unregelmässige Gestalt von 15′ Durchmesser. Er steht nahe bei einem Sterne 7. Grösse, aber sonst in einer auffallend sternarmen Gegend des Himmels. Auf der Licksternwarte wurde am Crossleyreflektor mit dreistündigem Exponieren 1901 Nov. 7 eine Aufnahme des Nebels gemacht; die Sterne erschienen jedoch darauf nicht gut, und es wurde eine neue Aufnahme 1902 August 27 ausgeführt mit 5stündigem Exponieren. Eine Vergleichung beider Negative führte Prof. C. D. Perrine zur Entdeckung zweier Veränderlichen in diesem Nebel.[2] Von dem zentral in dem Nebel stehenden Sterne aus haben beide Veränderliche folgende Position:

A	p = 6.2°	d = 107.1″
B	138.C	87.4

Eine am 1. Sept. aufgenommene 3. Photographie lässt vermuten, dass die Periode des Lichtwechsels dieser beiden Sterne vergleichsweise kurz ist. Mit dem Auge konnte am Crossleyreflektor der Stern A am 1. Sept. noch eben erkannt werden, und wurde seine Helligkeit auf 16.5 Grösse geschätzt. Folgende Helligkeiten sind aus den photographischen Aufnahmen abgeleitet:

1901 Nov. 7.	A.: $14^1/_2$ Grösse	B: $16^3/_4$ Grösse
1902 August 27.	$16^1/_4$ „	$15^3/_4$ „
1902 Sept. 1.	$16^1/_2$ „	$15^1/_2$ „

Beobachtung einer wahrscheinlichen Nova im Bootes 1877. In mehrern Schreiben an Prof. H. Kreutz hat F. Schwab in Ilmenau Mitteilungen über einen 1877 von ihm beobachteten Stern gemacht. Prof. Kreutz teilt[3] einen Auszug daraus mit. Hiernach hatte F. Schwab im Januar 1877 den Stern d Bootis im Verdachte der Veränderlichkeit, und um diese zu prüfen, zeichnete er, da ihm keine bessere Himmelskarte zur Verfügung stand, in den kleinen Littrowschen Atlas einen nahe bei d stehenden Stern von gleicher Helligkeit ein, dem er die Bezeichnung d′ gab. Dieser Stern stand nicht auf der Littrowschen Karte, was aber auch nicht auffallen

---

[1] Monthly Notices 62. p. 425.
[2] Lickobs., Bulletin No. 24.
[3] Astron. Nachr. No 3742.

kann, da diese Karte nicht den Anspruch erhebt, alle Sterne 5.5 Gr. zu enthalten. Die Beobachtungen geschahen vom 30. Mai bis 14. Juli mit blossem Auge, dann mit einem kleinen gewöhnlichen Fernglase von etwa 1 Zoll Objektivöffnung. Von Mai bis Juli blieb der Stern d' zwischen 5, und 5.4 Gr. Am 9. Januar 1878 fiel dem Beobachter das Verschwinden von d' auf, und er sah eifrig mit seinem Taschenfernrohre nach ihm aus, ohne ihn indessen wieder zu sehen. Ebenso vergeblich waren 1879, 1882 und 1883 Nachforschungen mit dem 4zolligen Refraktor der Marburger Sternwarte. Unter Zugrundelegung der Karte der Bonner Durchmusterung hat F. Schwab dann die Umgebung des ehemaligen Sternes d' eingezeichnet, ohne diesen zu finden. Der Ort desselben fällt innerhalb der Grenze der Unsicherheit der Zeichnung mit dem Sterne 9.8 Gr. der Bonner Durchmusterung (B D) + 21° 2606 zusammen. Prof. Kreutz findet nach diesen Angaben für unzweifelhaft, dass 1877 im Bootes ein Stern 5. Gr. sichtbar war, der später in dieser Helligkeit nicht mehr gesehen worden ist. Prof. Deichmüller in Bonn hat die Originalaufzeichnungen der B. D. geprüft und findet, dass in der Gegend von Schwabs Stern kein anderes Objekt als B D + 21° 2606 beobachtet worden ist, sowie dass die Beobachtungen des letztern 1853, 1854 und 1858 durch Schoenfeld, Argelander und Krüger der Vermutung, dieser Stern sei veränderlich, einigen Raum geben.

Die Nova Cygni 1876 ist im Dezember 1901 und im Januar 1902 von Professor E. E. Barnard am 40-zolligen Yerkesrefraktor beobachtet worden.[1]) Sie war vordem zuletzt von Prof. Burnham am Lickrefraktor, und zwar 1891 Juli 31. gesehen und 13.5 Gr. geschätzt worden. Nach den Beobachtungen von Prof. Barnard ist der Stern jetzt 15.7 Gr. und zeigt keine Abweichung vom Aussehen anderer Sterne derselben Helligkeit.

Die Nova Persei 1901. Eine photographische Aufnahme der Gegend um die Nova Persei kurz vor deren Aufleuchten ist am 20. Februar 1901 von A. Stanley Williams gemacht worden.[2]) Er benutzte dabei eine 44-zollige Grubbsche Portraitlinse und exponierte 47^{m} lang. Die Aufnahme geschah 1901 Febr. 20. $10^{h}\ 40^{m}$—$11^{h}\ 27^{m}$ m. Zt. v. Greenwich. Auf der Platte sind Sterne 12.5 Grösse nach der photographischen Skala sichtbar; wenn die Nova nicht rötlich war, musste sie damals also schwächer als 12.5 Gr. gewesen sein. Die Entdeckung derselben durch Dr. Anderson geschah Febr. 21. $14^{h}\ 40^{m}$ m. Zt. v. Greenwich. Ähnliche Aufnahmen machte Stanley Williams am 15. und 25. Januar, sowie am 11. Febr. 1901, und auch auf diesen ist keine Spur der Nova ange-

[1]) Monthly Notices **62.** p. 405.
[2]) Monthley Notices **61.** p. 337; **62.** p. 534.

deutet. Prof. Ceraski macht[1]) auf ein Sternchen 12. Gr. aufmerksam, welches auf einer zu Moskau 1899 Januar 30. erhaltenen Photographie der Umgebung der Nova sichtbar ist, aber 1901 im Dezember an dem dortigen 15-zolligen Refraktor nicht wahrgenommen wurde. Dieses Sternchen erscheint auch auf der Photographie von Stanley Williams. Am 36-Zoller der Lickssternwarte ist es im Frühjahre 1901 von Aitken nicht wahrgenommen worden, dagegen hat es Barnard am 40-Zoller der Yerkessternwarte 1901 Febr. 20. gesehen und seinen Ort bestimmt. Am 40-zolligen Refraktor der Yerkessternwarte hat Barnard das teleskopische Aussehen der Nova untersucht.[2]) In diesem Refraktor zeigt sich zwischen einem kleinen Sterne und einem kleinen planetarischen Nebelflecke sofort der Unterschied, dass, wenn das Okular scharf auf den Fixstern eingestellt ist, der sonst von einem Sterne nicht zu unterscheidende Nebel erst dann am schärfsten erscheint, nachdem das Okular noch um 0.25 Zoll herausgezogen worden ist. Die Ursache hiervon liegt, wie Prof. Hale gezeigt hat, in der Verschiedenheit des Spektrums eines Fixsternes und eines planetarischen Nebels. So zeigte sich der neue Stern im Fuhrmann, der im November 1900 etwa 13. Gr. war, erst dann am 40-zolligen Refraktor am schärfsten, wenn das Okular um 0.27 Zoll weiter herausgezogen wurde als für gewöhnliche Fixsterne, ein Beweis, dass jene Nova in Wirklichkeit ein planetarischer Nebel ist, dessen Scheibe aber unmerklich klein erscheint. Das Spektroskop bestätigt diese Schlussfolgerung. Prof. Barnard hat nun auch im August und September 1901 den neuen Stern im Perseus nach dieser Richtung hin am 40-Zoller untersucht, konnte aber keinen Unterschied von gewöhnlichen Fixsternen finden. Seit Ende August 1902 zeigt dagegen die Nova das gleiche Verhalten wie ein planetarischer Nebel. Als Prof. Barnard sehr starke Vergrösserungen anwandte, erschien die Nova auch nicht mit dem stechenden Lichte eines Fixsternes, sondern verwaschen und ähnlich einem planetarischen Nebel, so dass sie sich sogleich von andern Sternen unterschied. In ihrer Umgebung zeigte der grosse Refraktor 5 Sterne 13. Gr. und einen Stern 15. Gr. Von einer nebeligen Hülle um die Nova war mit Sicherheit nichts zu sehen, obschon Prof. Barnard die Photographie dieses Nebels, welche Dr. Ritchey erhalten, zur Hand hatte. Dagegen sah er etwa 1^0 südlich von der Nova einen Nebel von 30″ Durchmesser nicht heller als ein Sternchen 13.5 Gr. und bestimmte dessen Ort am Himmel zu $\alpha = 3^h\ 21^m\ 50.5^s$, $\delta = +42^0\ 18.7'$ (1860.0).

Die Ortsbestimmungen der Nova gegen eine Anzahl benachbarter Sterne, welche von Prof. Barnard ausgeführt wurden, zeigen in Übereinstimmung mit den Messungen auf der Lickssternwarte mit Sicherheit keine Spur von Eigenbewegung des neuen Sternes an.

[1]) Astron. Nachr. No. 3755.
[2]) Astrophys. Journal 14 No. 3 p. 149.

Schätzungen der Helligkeit der Nova wurden am 4-zolligen Sucher des grossen Refraktors bei 50facher Vergrösserung durch Vergleich mit benachbarten Sternen angestellt. Sie ergaben, dass die Nova Mitte April 1902 bis zur Grösse 9.0 herabgesunken war. Das Aussehen des neuen Sternes bei guter Luft und starker Vergrösserung war sehr verschieden von demjenigen eines gewöhnlichen Fixsternes, sein Licht war matt und planetarisch im Gegensatze zum stechenden Lichte der andern Fixsterne. Bei verschiedenen günstigen Gelegenheiten hat Prof. Barnard während des vergangenen Winters sehr aufmerksam nach der Nebelhülle um die Nova gesucht, aber nichts davon mit Sicherheit wahrnehmen können, was nicht auffällig ist, da dieser Nebel überaus schwach und sein Licht hauptsächlich photographisch wirksam ist. Ein von Ceraski auf einer Photographie vom 30. Januar 1899 bemerkter Stern 12. Gr., der in Rektaszension 0.31^{s} dem heutigen Orte der Nova folgt und 7″ südlich davon steht, ist von Prof. Barnard trotz sorgsamster Nachforschung nicht gesehen worden; derselbe hält es nicht für ausgeschlossen, dass dieser angebliche Stern bloss ein photographischer Defekt auf der betreffenden Platte sein könnte. Prof. Kreutz hält zwar diese Sternspur für wirklich vorhanden, bezweifelt aber, dass das Sternchen mit der heutigen Nova identisch sei. Von anderer Seite wird dagegen diese Identität für sehr wahrscheinlich gehalten.

Über die Farbe der Nova sind zahlreiche Angaben gemacht worden. W. Osthoff hat[1]) dieselben geprüft und verglichen. Indem er, vom reinen Weiss ausgehend, den Farben Zahlenwerte beilegt, so dass gelb mit 4, schwachrot oder goldgelb mit 6, rot mit 8 bezeichnet wurde, ergab sich, dass die Farbe der Nova am 23. Februar = 1 war und dann zuerst langsam, vom 25. Februar ab dagegen bis zum 1. März rasch auf 6,3 sank, während die Abnahme der Helligkeit nur eine Grössenklasse betrug. Mehrere Beobachter glaubten, einen periodischen Farbenwechsel der Nova zu erkennen, und vom 22. März ab zeigen nach dem Urteile Osthoffs die Schätzungen mehr oder weniger deutlich die Periodizität des Farbenwechsels parallel mit den Änderungen der Helligkeit.

Photographische Aufnahmen der Nebelflecke um die Nova. Am 17. November 1901 gelang Prof. Wolf in Heidelberg wieder eine vorzügliche Aufnahme der Nebel um den neuen Stern. Sie zeigt abermals grosse Veränderungen, die dort seit der Aufnahme auf der Yerkessternwarte am 20. September stattgefunden haben. Der Nebel, bemerkt Prof. Wolf, bestand im wesentlichen aus einzelnen konzentrischen Hüllen von ziemlich ovaler, aber unregelmässiger Form und aus mehr oder weniger dicken Wolken, die besonders

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3751.

südlich und südöstlich von dem neuen Sterne hell ausgebildet sind. An verschiedenen Stellen sind hier die Wolkenknoten besonders dicht. Alle die Gebilde haben sich seit dem 23. August, wo Prof. Wolf zuerst eine photographische Aufnahme erhielt, mehr oder weniger verändert. Besonders auffallend war nach Prof. Wolf von Anfang an die äusserste Hülle, die wohl am hellsten ist und eine ziemlich zusammenhängende ovale Schale von etwa 6 Bogenminuten Abstand von der Nova zu bilden scheint. Dieser Abstand ist gemäss der Photographie vom 23. August bis zum 20. September und von da bis zum 17. November fortwährend gewachsen. »Sie besteht aus hellen und dunklen Wölkchen, und man kann die Bahn verfolgen, die diese beschrieben haben. Die Wölkchen standen am 20. September fast genau auf der Mitte des Weges, den sie vom 23. August bis zum 17. November durchlaufen haben. Daraus scheint zu folgen, dass ihre Geschwindigkeit im Abnehmen begriffen ist. Interessant ist ferner zu bemerken, dass die Wölkchen sich nicht senkrecht zu der Fläche der ovalen Schale bewegt haben, sondern dass sie .fast genau radial von der Nova aus fortgeeilt sind.« Prof. Wolf bemerkt, dass während dessen natürlich nicht nur die Form der äussern Hülle, sondern auch die Gestalten der einzelnen Wölkchen ziemlich starke Veränderungen erlitten. Die Bewegung des fast genau südlich von der Nova liegenden Schalenteiles betrug in der Zeit vom 23. August bis zum 17. November etwas mehr als eine Bogenminute, der besonders stark entwickelte Teil genau südöstlich von der Nova hat sich dagegen, in radialer Richtung gemessen, etwas über $1^1/_2$ Bogenminuten fortbewegt.

Auf dem Yerkesobservatorium wurde am Abende des 9. November 1891 eine zweite photographische Aufnahme des Nebels bei der Nova Persei erhalten[1]) am zweifüssigen Reflektor mit 90 Minuten Exposition der Platte. Das erhaltene Negativ ist schwach, allein die hauptsächlichsten Kondensationen des Nebels sind deutlich, und auf den ersten Blick, ohne Vergrösserungsglas, zeigte sich, dass seit der ersten Aufnahme (am 20. September) merkliche Veränderungen in der Form der Nebelgestaltungen eingetreten waren. Am 13. November wurde nach siebenstündiger Exponierung ein drittes, vortreffliches Negativ gewonnen, welches die Schlüsse aus der Aufnahme vom 9. Nov. völlig bestätigt. Von Wichtigkeit ist auch, dass damit direkt der Beweis geliefert wurde, dass Verstärkungen eines schwachen Negativs durchaus statthaft sind, indem die Details de sverstärkten Negativs von jenem Tage mit demjenigen vom 13. November durchaus harmonieren. Die beiden Negative vom 20. Sept. und 13. Nov. wurden nun in achtfacher Vergrösserung und dreifach reproduziert, um sicher zu gehen, dass keine falschen Details eingeführt wurden. Dann wurden daran vorläufige Messungen der Positionen von 6 Haupt-

[1]) Astroph. Journal 1901. p. 293.

kondensationen des Nebels ausgeführt. Die Vergleichung der Intensitäten der Kondensationen auf den Negativen No. 1 und 3 ergiebt, dass die äussern Teile des Nebels rapide abgeblasst sind, während die Nebelzunge, welche anscheinend von der südlichen (obern) Seite der Nova ausgeht und sich nach Westen (nach links) krümmt, auf dem Negativ No. 2 stärker herauskommt als auf No. 1, obgleich letzteres viel länger exponiert war; auf den Negativen No. 2 und 3 ist dieser Zweig der intensivste der ganzen Nebelpartie. Diese beträchtliche Veränderung der Intensität macht es nach Ritchey sehr schwer, zu einem endgültigen Schlusse zu gelangen darüber, ob dieser Nebelzweig seine Gestalt und Position geändert hat.

Eine genaue Untersuchung der auf der Licksternwarte am Crossleyreflektor in den Monaten Februar und März 1901 aufgenommenen Photographien der Nova durch H. P. Palmer und C. G. Dell hat ergeben,[1]) dass auf einer am 29. März 1901 erhaltenen Platte von nur 10 Minuten Expositionsdauer die Nova von zwei feinen Nebelringen umgeben erscheint, und dass ausserdem verschiedene Nebelmassen in der Nähe erkennbar sind. Dies ist eine wichtige und erfreuliche Thatsache, denn sie konstatiert die Anwesenheit der Nebel 6 Monate früher als die früheste Wahrnehmung derselben von Prof. Wolf auf der Heidelberger Photographie vom 23. August. Seitdem sind auf der Licksternwarte in der Zeit vom November 1901 bis 1902 Januar 11 verschiedene Aufnahmen der Nova und ihrer Umgebung erhalten worden, über welche C. D. Perrine in dem bezeichneten Bulletin berichtet. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass die sämtlichen während des letztgenannten Zeitraumes erhaltenen Photographien eine allgemeine Ausbreitung des Nebels nach allen Nichtungen hin beweisen. Die Bewegungen verschiedener der am deutlichsten dargestellten Nebelmassen südlich von der Nova geschehen in der Bewegungsrichtung des Uhrzeigers, im Westen der Nova scheint wenigstens eine Nebelmasse eine entgegengesetzte Bewegungsrichtung zu besitzen. Es ist wahrscheinlich, das die beiden am 29. März 1901 vorhandenen Nebelringe sich ausdehnten und in Stücke zerfielen, von denen zwei, die dem äussern Ringe angehörten, auf den Photographien des Dezember und Januar nachweisbar sind. Eine einfache Rückrechnung auf Grund ihrer scheinbaren Bewegungen lehrt, dass dieselben gegen den 16. oder 17. Februar die Nova verlassen haben müssen. Perrine fügt seiner Mitteilung noch hinzu, dass, wenn die Nebelfragmente sich ununterbrochen mit der gleichen Geschwindigkeit nach allen Richtungen ausdehnen würden, einige derselben das Sonnensystem in 250 Jahren erreichen müssten.

Eine lichtvolle Zusammenstellung und kritische Untersuchung aller bisherigen Wahrnehmungen über die veränderlichen Nebel bei der Nova Persei hat Dr. A. Berberich gegeben.[2])

---

[1]) Lickobservatory, Bulletin No. 14.
[2]) Naturwiss. Rundschau 1902. No. 38. 39.

Er weist zunächst darauf hin, dass nach der Theorie von Prof. Seeliger über das Aufleuchten neuer Sterne man eigentlich hätte erwarten können, um die Nova Persei Spuren von Nebel zu entdecken, besonders da die Aufnahmen an photographischen Apparaten mit Doppelobjektiven, die bei kurzer Brennweite eine sehr grosse Flächenhelligkeit liefern, schon seit Jahren den Beweis erbracht hatten, dass langdauernde Aufnahmen mit ihnen überaus schwache, sonst unwahrnehmbare Nebel an das Licht bringen. Die Photographie vom 20. Sept. 1901 durch Ritchey verrät schon beim blossen Anblick eine direkte Beziehung der Nebelmassen zur Nova, die man freilich nach der Seeligerschen Theorie nicht vermuten sollte. Denn hiernach wäre die Begegnung von Stern und Nebel ein reiner Zufall; thatsächlich zeigt jedoch das photographische Bild ein System von konzentrischen Nebelbogen oder spiralig gewundenen Streifen und im ungefähren Mittelpunkte dieses Systemes die Nova selbst. Die Bogen scheinen drei oder vier einander umschliessenden Kreisen anzugehören, die vielfach unterbrochen und unregelmässig verzerrt sind. Mehrere hellere Stellen oder Lichtknoten fallen namentlich im Süden und Südosten auf.

Die in der Himmelskunde völlig überraschende, im November aus Amerika von der Lick- und der Yerkessternwarte anlangende Kunde, dass die Nebelknoten in rascher Bewegung begriffen seien, und die Dimensionen des ganzen Nebelsystemes sich erweitern, spricht sich deutlich in fortgesetzten Aufnahmen in Heidelberg und am Yerkesreflektor an einer Nebelzunge aus, die südöstlich von der Nova stand und scheinbar eine Vereinigungsstelle mehrerer Nebelstreifen war. Wolf und Ritchey fanden übereinstimmend, dass der Abstand von der Nova vom August bis November täglich um 1.2″ wuchs. Einige andere Lichtknoten im äussersten südlichen Nebelbogen entfernten sich etwas langsamer von dem Sterne, dafür war ihr Abstand auch selbst schon geringer. Diese Verschiedenheiten der Distanz und Bewegung konnten allerdings durch die Perspektive bedingt sein, da die einzelnen Nebelgebilde nicht in einer Ebene, sondern diesseits und jenseits der Nova sich befinden; sie sind als Stücke mehrerer die Nova einhüllender Kugelschalen zu betrachten. Eine ganze Reihe weiterer Aufnahmen Ritcheys zeigt mit Sicherheit die Existenz einiger sehr schwacher und unregelmässiger Nebel in unveränderter Lage und Form vom September 1901 bis Februar 1902. Diese Nebel, sagt Berberich, gehören also wohl zu den überall verbreiteten kosmischen Staub- oder Dunstmassen, nur lässt sich nicht erkennen, ob sie in gleicher Raumgegend wie die Nova stehen oder nicht. Namentlich ist hier ein 16—20 Minuten südlich der Nova befindliches Gebilde gemeint, dessen Form auch keinerlei Beziehung zu diesem Sterne vermuten lässt. In ähnlicher Entfernung von dem Sterne stand im gleichen Zeitraume gegen Südosten ein sehr matter Nebel, der allerdings später sein Aussehen verändert hat, vielleicht

nur infolge Vermischung mit den von der Nova herkommenden Lichtgebilden. Direkt neben dem Sterne im Südwesten verharrte in kaum einer Minute Entfernung ein sehr heller Nebel, dessen Form starke Veränderungen erfuhr; er vergrösserte sich etwas durch Entwickelung mehrerer Ausläufer, namentlich nach Süden zu. Sehr wichtig ist auch die Thatsache, dass zugleich mit dem Verblassen des äussern Nebelringes vom September in weit grösserer Entfernung und durch beträchtlichen Zwischenraum getrennt Nebelstreifen aufleuchteten. So war seit Januar 1902 an einer zuvor ganz leeren Stelle 14′ südwestlich der Nova ein Nebelstreifen aufgetaucht, der im Februar heller als alle andern Nachbarnebel der Nova geworden war, ausgenommen den vorhin erwähnten, dicht an die Nova angrenzenden Nebel und die noch immer im Südosten vorhandene Nebelzunge, deren Ort sich zuletzt kaum noch verschoben hat. In der Richtung ihrer ursprünglich so raschen Bewegung hatte sich der bereits im September photographierte sehr schwache Aussennebel, wie schon bemerkt, inzwischen in der Form verändert. Die Gegend nördlich von der Nova enthielt im September ebenfalls mehrere Nebelbogen, die sich im November erheblich weiter vom Sterne entfernt hatten. Im Dezember war von den äussern dieser Bogen nichts vorhanden, im Januar und Februar 1902 standen dagegen in doppelt so grosser Distanz als im Anfang mehrere Nebelstreifen, die deutliche Bewegungen erkennen liessen; auch war ihr Licht in Zunahme begriffen. Berberich fasst die Thatsachen wie folgt zusammen: »Um den neuen Perseusstern breiteten sich nebelartige, leuchtende Erscheinungen aus, mit ungleichen Geschwindigkeiten in den verschiedenen Richtungen und wiederholt sprungweise auf grössere Distanzen übergreifend. Die Bewegungen einzelner Nebelknoten geschahen nicht streng in der Richtung vom Sterne her, sondern auch mehr oder weniger seitlich. Eine Erklärung dieser Vorgänge würde natürlich auch für die Deutung des Aufleuchtens der Nova von grossem Werte sein. Ob jedoch ein einziges derartiges Ereignis schon eine eindeutige Erklärung gestatten und ermöglichen wird, ist zweifelhaft. Zwar sind auch bei der Nova Aurigae Nachbarnebel nachgewiesen, aber ihr Verhalten scheint nicht näher untersucht worden zu sein, und sonstiger Beobachtungen über Veränderungen an Nebeln giebt es nur wenige, die einer strengen Kritik standhalten. Zur Lösung einer so interessanten wie schwierigen Frage nach der Natur der Novanebel dürfte aber eine Zusammenstellung verwandter Beobachtungen nicht ohne Wert sein.

Die nächstliegende Folgerung aus der Entfernungszunahme der Novanebel ist die, dass bei einem gewaltigen Ausbruche heisser Massen aus dem Innern eines äusserlich ganz oder fast ganz erkalteten Sternes grosse Mengen von Dämpfen oder Staubteilchen nach allen Seiten in den Raum ausgestossen worden seien. Die Eruptionstheorie hat zur Erklärung der neuen Sterne vieles für sich, wenigstens

aus Analogiegründen; sie wurde auch beim Aufleuchten der Nova Persei wieder von namhaften Forschern zur Deutung der Einzelerscheinungen herangezogen. Will man hiernach die Ortsänderungen der Novanebel für wirkliche Bewegungen von Stoffmassen ansehen, so kommt man zu ganz riesigen Geschwindigkeiten, es sei denn, dass der neue Stern nur in sehr geringer Entfernung vom Sonnensysteme sich befände. Allein die Heliometermessungen zu Bamberg und New-Haven haben dargethan, dass die Nova weit jenseits der durchschnittlichen Region der Sterne erster Grösse stehen muss. Daraus ergiebt sich für jene Nebelgebilde eine Geschwindigkeit von wenigstens 20 000 *km* in der Sekunde. Wilsing in Potsdam hat[1]) diese Schwierigkeit durch eine Ergänzungshypothese zu beseitigen versucht. Er nimmt an, dass von dem neuen Sterne ähnliche Repulsivwirkungen auf sehr dünne Nebelmassen in seiner Nachbarschaft ausgeübt werden, wie von der Sonne auf die feinen Schweifteilchen der Kometen. Es bedürfe nur mässiger elektrischer Ladungen der Nebelteilchen, um ihnen im leeren Raume Geschwindigkeiten ähnlich der des Lichtes zu erteilen. Für ein Wasserstoffteilchen würde diese Ladung nicht mehr als $^1/_{10}$ derjenigen des geriebenen Siegellacks zu betragen brauchen. »Man wird sich vorstellen können, dass die unter starkem Drucke, doch mit verhältnismässig geringer Geschwindigkeit emporgepressten, gasförmigen Massen sich im leeren Raume bald ausdehnen und an Dichtigkeit verlieren werden. Erst in stark verdünntem Zustande unterliegen sie dann den vom Sterne ausgeübten Repulsivkräften und erlangen schnell die ausserordentliche Geschwindigkeit, mit der sie sich im leeren Raume merklich gleichförmig fortbewegen. Die bereits sehr geringe Leuchtkraft der fein verteilten Materie nimmt mit der weitern Ausbreitung ab, so dass der Nebel schliesslich in seiner äussern Begrenzung verblasst, während er in den tiefern Schichten durch die vom Sterne nachströmende Materie einige Zeit lang ergänzt wird.«

Dr. Berberich ist der Meinung, es sei am einfachsten, die Bewegung der Novanebel als nur scheinbar und durch die Ausbreitung und Wanderung des Novalichtes im Raume erzeugt anzusehen. Das Licht des aufleuchtenden Sternes kommt uns nach seiner Reflexion an den unregelmässig um die Nova zerstreuten Dunst- und Staubwolken indirekt zu Gesicht. Diese von Kapteyn und Wolf ausgesprochene Ansicht muss als sehr wohl zulässig erachtet werden, nachdem Seeliger den Nachweis erbracht hat, dass sich kosmische Staubmassen allerdings durch den Reflex des Lichtes benachbarter Sterne dem Auge und noch mehr der die schwachen Lichteindrücke bei langer Exposition summierenden photographischen Platte bemerkbar machen können. Von dieser Anschauung ausgehend, betrachtet Dr. Berberich die Erscheinungen um die Nova näher. »Der

---

[1]) Astron. Nachr. 157. p. 349.

Stern war am Abende des 21. Februar 1901 sicher nicht bis zur 4. Gr. gelangt, da er sonst Hartwig, F. Schwab und andern bei ihren Algolbeobachtungen aufgefallen wäre. Nach Mitternacht, gegen 3 Uhr früh des 22. Februar fand ihn Th. Anderson (Edinburgh) als Stern 2.7 Grösse. Die Helligkeit erreichte am 23. Februar mit 0.1 Gr. (etwas heller als Capella) ihr Maximum. Heller als 1. Gr. war die Nova vom 22.—25. Februar, also 3 Tage lang, über 2. Gr. blieb sie bis zum 1. März, über 3. Gr. bis zum 6. März und über 4. Gr. bis etwa zum 24. März. Inzwischen hatten die periodischen Lichtschwankungen begonnen, bei denen der Stern anfänglich nur ausnahmsweise kurze Minima unter 4. Gr. zeigte, während er später nur noch ausnahmsweise zu einem kurzen Maximum 4.—5. Gr. anwuchs.

Schichtenweise breitete sich das Licht verschiedener Helligkeit um den Stern aus. Die 3 Tage dauernde, intensivste Strahlung erfüllte eine Kugelschale von 75 Milliarden *km* Dicke; die Strahlungen 1.—2., 2.—3. und 3.—4. Gr. folgten in Schichten von 105, 130 und 470 Milliarden *km*. Insgesamt mass die Kugelschale, welche ständig sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitend, die Strahlungen der Nova im ersten Monate ihres Leuchtens in den Raum trug, kaum 0,8 Billionen *km* in Dicke, was ungefähr 0.01 der Entfernung des Sirius von uns ausmacht. Die spätern Strahlungen waren schwerlich noch ausreichend, um nach ihrer Reflexion an entferntern Nebelmassen uns noch sichtbar zu sein. Was wir auf den photographischen Platten wahrnehmen, wäre daher der Widerschein jenes hellern Teiles des Novalichtes an den dunklen Staubwolken in der Umgebung der Nova. Im Februar 1902 hatte die äussere Grenze der hellsten Lichtschicht Gebiete in der Entfernung vom achten Teile einer Siriusweite erreicht. Innerhalb dieses Raumes müssen jene sich scheinbar fortbewegenden und ihre Formen verändernden Nebel sich befinden, und zwar in Gestalt mehr oder weniger ausgedehnter, durch grosse, leere Zwischenräume getrennter Wolken. Die Entfernung der Nova und der sie umgebenden Nebel von uns berechnet sich zu etwa 30 Siriusweiten. Denn das Licht, das täglich einen Weg von 175 Erdbahnradien zurücklegt, hatte im Herbste 1901 von der Nova bis zu den äussersten Novanebeln eine Strecke von etwa 420″ in rund 200 Tagen durchmessen. Einem Erdbahnradius entspricht daher der kleine Winkel 0,012″, und dies wäre die Novaparallaxe, während die Siriusparallaxe nach Gill und Elkin 0,38″ beträgt. Diese Beleuchtungstheorie ist vielleicht nicht ganz zureichend, um alle Erscheinungen an den Novanebeln zu erklären. So scheint die oben erwähnte, südöstlich der Nova befindliche Nebelzunge den letzten Winter hindurch nur eine geringe, jedoch zweifellose Ortsänderung erfahren zu haben. Der hellere Teil des Novalichtes musste inzwischen längst weiter fortgeschritten sein und scheint sich auch, wie schon gesagt wurde, im Februar 1902 durch Veränderungen im Aussehen doppelt so weit als die »Zunge« ent-

fernter Nebel geltend gemacht zu haben. Nun dürfte aber kein triftiger Einwand gegen die Annahme zu erheben sein — im Gegenteil, es sprechen viele Erfahrungen der Experimentalphysik dafür, dass infolge der intensiven Bestrahlung durch das Novalicht in den Nebeln innere, mit Entwickelung von Eigenlicht verbundene Bewegungen oder Molekularumänderungen ausgelöst wurden, die an einzelnen Stellen begannen und von da sich verhältnismässig langsam ausbreiteten. Für die südöstliche Nebelzunge glänzte die Nova im Maximum etwa in der Stärke des Vollmondlichtes, wozu vermutlich eine hohe Wärmestrahlung kam. Noch energischer mag die violette Strahlung der Nova gewirkt haben. Der Nebel dicht neben der Nova im Südwesten dürfte einer noch ungefähr hundertmal kräftigern Strahlung ausgesetzt gewesen sein. Entsprechend längeres und intensiveres »Nachleuchten« wäre somit bei diesem Objekte leicht zu erklären. Vielleicht hängt das Auftreten der Hauptnebellinien in den Spektren neuer Sterne damit zusammen, dass in der nächsten Nachbarschaft dieser Weltkörper befindliche Nebel zu hellem Aufleuchten gebracht worden sind.« Die Vorstellung, dass ein Weltnebel zu einem vorübergehenden Aufleuchten veranlasst werden könnte, ist freilich eine ungewohnte. Indessen macht Dr. Berberich auf gewisse Wahrnehmungen an Nebelflecken aufmerksam, die kaum eine andere Deutung zulassen, so besonders die Wahrnehmungen von Nebeln in der Nähe des Veränderlichen T Tauri. In diesem Beispiel, sagt er, ist vielleicht eine gewisse Analogie zu dem neuen Sterne im Perseus und zu den Veränderungen in der Helligkeit und scheinbaren Lage der Novanebel zu finden, sei es, dass es sich nur um einfache Lichtreflexe oder aber um Leuchtvorgänge handelt, die angeregt oder ausgelöst werden durch die Bestrahlung von seiten des nahen, lichtschwankenden Sternes. Vielleicht werden durch exakte Messungen von Nebelhelligkeiten mit geeigneten Instrumenten, z. B. mit Prof. Deichmüllers Photometer, weitere Beispiele von Lichtänderungen an Nebeln bekannt werden. Zweifellos werden die an der Nova Persei gemachten unerwarteten Entdeckungen Anlass geben, beim etwaigen Aufleuchten eines andern neuen Sternes sofort die Umgebung nach schwachen Nebelmassen zu durchforschen.

Das Spektrum des Nova Persei ist seit Sept. 1901 bis Februar 1902 von P. W. Sidgreaves vielfach photographiert worden.[1]) Die sämtlichen (40) Platten zeigen das Spektrum in seinen allgemeinen Zügen unverändert; die Linien erscheinen breit und in ihren relativen Intensitäten nicht geändert.

Die Parallaxe von μ Cassiopejae und das Vorhandensein eines engern Fixsternsystemes in diesem Sternbilde.

[1]) Monthly Notices 62. p. 521.

Die von L. M. Rutherfurd in Cambridge u. a. hinterlassenen zahlreichen photographischen Aufnahmen von Sterngruppen bieten ein überaus wichtiges Material, mit dessen Auswertung die Columbiasternwarte in New-York seit mehrern Jahren beschäftigt ist. So sind auf diesen Aufnahmen Vermessungen der Plejaden, der Hyaden u. s. w. ausgeführt worden, und es hat sich dabei die Verwendbarkeit dieser schon ältern Aufnahmen im günstigsten Lichte gezeigt. In den neunziger Jahren hat H. Jacoby auch die von Rutherfurd gemachten Aufnahmen des Sternes μ Cassiopejae und seiner Umgebung bearbeitet und dabei die Distanzen dieses Sternes von acht benachbarten Sternen ausgemessen.[1]) Er fand dabei als Parallaxe von μ den Wert $0.275'' \pm 0.024''$. Von den angeschlossenen Sternen zeigte δ Cassiopejae ein abweichendes Verhalten, welches auf eine merkliche Parallaxe desselben schliessen liess, die sich zu $0.23'' \pm 0.007''$ ergab. Nunmehr hat Georg N. Bauer eine neue Vermessung von 22 Rutherfurdschen Aufnahmen aus den Jahren 1870—1872 ausgeführt.[2]) Seine Messungen erstrecken sich auf die Bestimmung der Positionswinkel von μ gegen elf benachbarte Fixsterne, wodurch ebensoviele unabhängige Bestimmungen des Parallaxenwertes und eine sehr erwünschte Vergleichung mit den Ergebnissen von Prof. Jacoby gewonnen wird. Die elf erhaltenen Werte für die Parallaxe von μ stimmen mit Ausnahme eines einzigen gut miteinander überein, und dieser abweichende Wert hat kein grosses Gewicht. Lässt man ihn unberücksichtigt, so schwanken die übrigen zehn Werte zwischen $0.332''$ und $0.134''$, und als wahrscheinlichster Wert wird von Bauer angegeben $\pi = 0.247'' \pm 0.014''$. Dies steht in guter Übereinstimmung mit der von Jacoby gefundenen Parallaxe für μ, und wir dürfen daraus schliessen, dass die wirkliche Parallaxe dieses Sternes nur wenig von $^1/_4''$ entfernt sein wird. Es ist interessant, dieses Ergebnis mit den frühern durch direkte Messung erhaltenen zu vergleichen. O. Struve fand für die Parallaxe von μ Cassiopejae aus Messungen der Distanz von zwei benachbarten Sternchen $\pi = 0.251''$, aus den Positionswinkeln $\pi = 0.425''$, Peter in Leipzig aus Heliometermessungen $\pi = 0.12''$; die sonstigen Bestimmungen weichen völlig ab und mögen unberücksichtigt bleiben. Die Bestimmung der Parallaxe liefert auch einen Wert für die Grösse der jährlichen Eigenbewegung; der Zeitraum, über welchen sich die photographischen Aufnahmen Rutherfurds erstrecken, ist aber zu kurz, um daraus diese Eigenbewegung mit genügender Schärfe abzuleiten. Indessen hat Bauer die Rechnung doch ausgeführt und findet als jährliche scheinbare Eigenbewegung des Sternes in Rektaszension $+0.3845^s$, in Deklination $-1.519''$. Dies stimmt mit den auf direkten Ortsbestimmungen in der Zeit von Bradley bis zur Gegenwart beruhenden Ergebnissen sehr gut überein, und man kann an-

---

[1]) Contrib. from the Observ. of Columbia University New-York No. 5.
[2]) ibid. No. 18.

nehmen, dass die scheinbare jährliche Eigenbewegung von μ Cassiopejae am Himmelsgewölbe 3.75″ beträgt. Unter Annahme der obigen Parallaxe entspricht dies einer linearen Geschwindigkeit von 70 *km* in der Sekunde. Dies ist aber nicht die wahre Geschwindigkeit des Sternes, sondern nur der senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde hin entfallende Teil derselben. Durch die spektralphotographischen Messungen von Campbell auf der Licksternwarte ist der in die Richtung der Gesichtslinie zur Erde fallende Teil der Eigenbewegung von μ Cassiopejae zu — 97 *km* in der Sekunde ermittelt worden. Die Kombinierung beider Werte ergiebt daher für die wahre Geschwindigkeit dieses Sternes im Weltraume 120 *km* in der Sekunde, was die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne vierfach übertrifft. Wie oben bemerkt, zeigt einer der 11 Vergleichssterne für die Parallaxe ein abweichendes Verhalten, was darauf hindeutet, dass derselbe ebenfalls eine merkliche Parallaxe besitzt; das Gleiche fand Jacoby bei dem als Vergleichsstern benutzten Sterne δ Cassiopejae. Hiernach ist es nicht unwahrscheinlich, dass diese Sterne mit μ zusammen ein gemeinsames System bilden, und man kann zu diesen auch noch den Stern η Cassiopejae hinzufügen, da dessen Parallaxe nach den photographischen Messungen von H. S. Davis, die ebenfalls an Rutherfurdschen Photographien ausgeführt wurden, 0.44″ beträgt. Sonach befindet sich also in der Cassiopeja in einer Entfernung von uns, die etwa 8—12 Billionen Meilen betragen mag, ein engeres Sternsystem, bestehend aus mindestens 3 oder 4 Fixsternen.

Untersuchungen über die Parallaxe des Zentralsternes im Ringnebel der Leyer hat Burt L. Newkirk angestellt.[1] Dieselben beruhen auf Ausmessungen von fünfzehn photographischen Aufnahmen mit dem $10^1/_2$-zolligen Refraktor der Sternwarte der Universität von Minnesota (Vereinigte Staaten von Amerika). Das Bild des Zentralsternes ist auf allen Platten leicht sichtbar und ist nicht von dem irgend eines andern schwachen Sternes zu unterscheiden. Es wurden 16 Vergleichssterne, in 8 Paaren verteilt, benutzt.

Die Platten wurden mit dem Repsoldschen Messapparate der Sternwarte der Universität von Minnesota ausgemessen. Als Endresultat ergab sich für die Parallaxe der Wert 0.104″ $\pm$ 0.017. Im Jahre 1891 wurden Distanz und Positionswinkel des Nebelsternes von einem (mit *a* bezeichneten) benachbarten Sterne durch Burnham mit dem 36-zolligen Refraktor der Licksternwarte gemessen. Diese Messungen wurden von Barnard[2]) mit dem 40-zolligen Refraktor der Yerkessternwarte in den Jahren 1898 und 1899 wiederholt. Es schien eine Änderung in Distanz und Positionswinkel sich zu zeigen, und nachher wurden ebensolche Messungen auf photographischen

---

[1]) Inaugural-Dissertation, München 1902.
[2]) Monthly Notices 60. p. 348.

Platten von Prof. Leavenworth[1]) in Minneapolis und Prof. Scheiner in Potsdam veröffentlicht. Die Möglichkeit ist also vorhanden, die Eigenbewegung des Nebels zu bestimmen, sobald die Eigenbewegung des Sternes *a* bekannt ist. Diese Bestimmung wird möglich durch Vergleichung einer Reihe von Hall[2]) in Washington gemachter mikrometrischer Messungen dieser und benachbarter Sterne mit später wiederholten Messungen derselben.

Daraus ergiebt sich nach der Rechnung von Newkirk, dass der Stern *a* keine beträchtliche Eigenbewegung besitzt. Auf diesen Stern bezogen, liegen nun Messungen der Distanz und des Positionswinkels des Nebelsternes in der Leyer aus den Jahren 1891—1899 vor von Burnham, Scheiner und Leavenworth. Die Berechnung dieser Daten durch Newkirk lieferte für die Eigenbewegung des Nebelsternes folgenden Wert: in Rektaszension $- 0.012^s \pm 0.0012^s$, in Deklination $+ 0.10'' \pm 0.029''$. Ferner bemerkt Newkirk, dass der Zentralstern des Ringnebels in der Leyer mit dem Nebel physisch verbunden ist, werde dadurch einigermassen wahrscheinlich gemacht, dass fast alle ähnlichen Objekte »Zentralsterne« besitzen. Bei genauer Fokusierung hat sich herausgestellt, dass die Einstellungen für den Zentralstern etwa in der Mitte liegen zwischen denen für den Nebel und denen für einen gewöhnlichen Fixstern, was beim Vorherrschen kurzwelliger Strahlen im Nebellichte für die Annahme einer nebeligen Struktur des Zentralsternes spricht.

Kosmische gemeinsame Bewegung der Fixsterne. Aus der sehr sorgfältigen Vergleichung des Kapkataloges von 8560 Sternen, der demnächst erscheinen wird mit einigen andern Sternkatalogen, hat Sir David Gill, der als einer der genauesten Beobachter und in seinen Schlussfolgerungen vorsichtigster Astronom bekannt ist, eine überaus merkwürdige und weittragende Schlussfolgerung gezogen.[3]) Er kommt nämlich zu dem Ergebnisse, dass wahrscheinlich die hellern und uns im allgemeinen nähern Sterne des Himmels, hauptsächlich diejenigen, die man mit blossem Auge sehen kann, solche Eigenbewegungen zeigen, als wenn sie als Ganzes eine Drehung um ein gemeinsames Zentrum vollführten. Die entferntern lichtschwächern Sterne zeigen Bewegungen, die hiermit nicht übereinstimmen, und die sie als diesem Sternsysteme fremd charakterisieren.

Neue Doppelsterne. William J. Hussey hat auf der Licksternwarte am 36-Zoller eine systematische Durchforschung des Himmels nach neuen Doppelsternen begonnen. Als Grundlage derselben dienen Karten, in welche alle Sterne der Bonner Durchmusterung eingetragen sind. Sobald der in einer dieser Karten dargestellte Teil

[1]) Monthly Notices 61. p. 26.
[2]) Astron. Nachr. No. 2186.
[3]) Astron. Nachr. No. 3800.

des Himmels durchbeobachtet ist, wird das Datum der Untersuchung und alles sonst Nötige der Karte beigeschrieben, so dass eine genaue Kontrolle und Identifizierung der Sterne möglich ist. Prof. Hussey macht darauf aufmerksam, dass, nachdem nunmehr schon eine grosse Anzahl Sterne unter starken Vergrösserungen und guten atmosphärischen Verhältnissen in verschiedenen Regionen des Himmels untersucht worden ist, sich bei ihm der Eindruck befestigt habe, als wenn die engern Doppelsterne, beispielsweise diejenigen mit Distanzen unter 5″, über die ganze Himmelssphäre nicht proportional der Anzahl der Sterne bis zu einer gegebenen Grössenklasse (hier bis zu 9,1 Gr.) verteilt seien.[1]) An gewissen Stellen des Himmels könne man alle Sterne bis zu dieser Grösse auf einer beträchtlichen Anzahl von Quadratgraden des Himmels untersuchen, ohne einen neuen Doppelstern zu finden, und auch von bekannten fänden sich dort nur wenige, während in andern Regionen des Himmels die Zahl der Doppelsterne beträchtlich ist. Das ist nach Hussey wahrscheinlich nicht zufällig, sondern hat eine kosmische Bedeutung, indem vermutlich die Ursachen, welche die Existenz von Doppelsternen bedingen oder nicht gestatten, in enormen Räumen des Himmels gleichmässig walten.

Im ganzen hat Hussey 500 neue Doppelsterne entdeckt und in 5 Verzeichnissen veröffentlicht. Verteilt man dieselben nach der Distanz ihrer Begleiter in Klassen, so ergiebt sich folgendes:

Distanz des Begleiters vom Hauptsterne in Bogensekunden	1. Verzeichnis	2. Verzeichnis	3. Verzeichnis	4. Verzeichnis	5. Verzeichnis	Zusammen
0.25″ oder weniger	3	9	5	13	8	38
0.26″ bis 0.50″	12	16	12	30	23	93
0.51″ bis 1.00″	24	22	20	24	24	114
1.01″ bis 2.00″	29	26	25	18	22	120
2.01″ bis 5.00″	31	27	38	15	28	139
über 5.00″	1	—	—	—	—	1

Neumessungen der Pulkowaer Doppelsterne auf dem Lickobservatorium. Während des 19. Jahrhunderts bildete die Messung der Doppelsterne und die Untersuchung ihrer Bewegungen einen wichtigen Teil der astronomischen Arbeiten, aber ein halbes Jahrhundert hindurch war die Zahl derjenigen, die auf diesem Gebiete thätig waren, nur gering. Bis 1843 war ziemlich alles, was von Doppelsternbeobachtungen Wert hatte, von den beiden Herschel, den beiden Struve, South und Dawes geliefert worden, und das meiste, was bis 1873 weiter auf diesem Gebiete geschah, bewegte sich in der Richtung, welche von den genannten Astronomen vorgezeichnet war. Dagegen wurde während der letztverflossenen 3 Jahrzehnte

[1]) Lickobservatory Bulletin No. 12.

das Gebiet der Doppelsternbeobachtung durch Entdeckung von fast 4000 neuen Objekten ausserordentlich erweitert, und unter diesen finden sich gerade die interessantesten Doppelsterne, nämlich solche mit sehr kurzen Umlaufsperioden. Mit der Zahl der Beobachter ist auch die Anzahl der Publikationen über Doppelsternmessungen gewachsen, und es ist keineswegs leicht, bezüglich der einzelnen hierhin gehörigen Objekte festzustellen, was an Messungen darüber überhaupt vorliegt. Eine Folge davon ist, dass manche Doppelsterne Jahr für Jahr ziemlich überflüssigerweise gemessen werden, während andere, bei denen Messungen höchst erwünscht sind, unbeachtet bleiben. Unter diesen Umständen wäre es von grösster Wichtigkeit, dass die einzelnen Messungen von Doppelsternen, die jetzt in Hunderten von Publikationen zerstreut sind, gesammelt und in geeigneter Form zum Zwecke praktischer Benutzung gedruckt würden. Ein wichtiger Beitrag nach dieser Richtung hin ist von der Lickwarte geliefert, indem dort die Beobachtungen der meist 1841 und 1842 zu Pulkowa entdeckten Doppelsterne gesammelt und neue Messungen aller im 9. Bande der Pulkowaer Beobachtungen aufgeführten Doppelsterne angestellt wurden. Seit diese Sterne zuerst von Otto Struve und Mädler gemessen wurden, ist ein Zeitraum von mehr als 50 Jahren verflossen und etwa 30 Jahre seit den Beobachtungen Dembowskis. Während W. J. Hussey auf der Lickwarte mit den Vorarbeiten zu dieser neuen Arbeit beschäftigt war, trat immer deutlicher hervor, dass dieselbe erheblich an Wert gewinnen würde, wenn sie alle überhaupt in Pulkowa entdeckten Sterne umfasse. Die ursprüngliche Arbeit würde etwa 1200 neue Beobachtungen erfordert haben, die in etwa einem Jahre zu gewinnen waren; durch die Ausdehnung des ursprünglichen Programmes wurde diese Zahl erheblich vergrössert. In der vorliegenden Publikation[1]) beträgt die Zahl der Messungen Husseys 2109, ungerechnet 65 Untersuchungen, in denen die Sterne nur als einfache konstatiert wurden. Die Veröffentlichung dieser Beobachtungen ist in einer Form geschehen, die sich genau an diejenige anschliesst, welche Prof. Burnham für die Gesamtpublikation seiner Doppelsternmessungen gewählt hat, und die im 1. Band der Publikationen der Lickwarte erschienen ist. Als Instrumente für die Beobachtungen dienten der 36-zollige und der 12-zollige Refraktor der Lickwarte, ersterer mit Vergrösserungen von 270- bis 2600fach, letzterer mit solchen von 175- bis 600fach. Meistens wurden Vergrösserungen von 500- bis 1500fach angewandt. Prof. Hussey giebt im Vorberichte eine genaue Darstellung des Verlaufes der alten Pulkowaer Arbeiten über Doppelsterne, der wir Nachstehendes entnehmen.

Die Sternwarte zu Pulkowa war 1839 vollendet worden und mit den ausgezeichnetsten Instrumenten der damaligen Zeit, darunter

---

[1]) Publications of the Lickobservatory 1901. 5.

einem 15-zolligen Refraktor von Merz & Mahler und einem Repsoldschen Meridiankreise mit 5.8 zolligem Fernrohre versehen. Wilhelm Struve, der neue Direktor der Sternwarte, stellte als Arbeitsplan auf: die Ortsbestimmung aller Sterne 1.—7. Gr. einschliesslich, vom Nordpole des Himmels bis zu 15° südlicher Deklination am Meridiankreise. Als Vorarbeit hierzu war bei dem damaligen Mangel genügend vollständiger Himmelskarten eine sog. »Revision« der nördlichen Himmelssphäre erforderlich, und diese wurde vom 26. August 1841 bis zum 7. Dezember 1842 in 109 Beobachtungsnächten durchgeführt. Es wurde dabei jeder Stern der oben angegebenen Grössenklassen am Sucher des 15-zolligen Refraktors eingestellt, seine näherungsweise Position an den Kreisen des Instrumentes abgelesen und im Refraktor selbst der Stern an 412facher Vergrösserung genau daraufhin angesehen, ob er einfach, doppelt oder mehrfach sei. Struve ging dabei von der Ansicht aus, es würde infolge der starken Vergrösserung des mächtigen neuen Refraktors mancher Stern, der im 9-zolligen Dorpater Refraktor früher nicht als Doppelstern erkannt worden war, sich als solcher erweisen. Diese Hoffnung erfüllte sich in der That. Als die Arbeit durchgeführt war, lieferte sie eine Liste von 514 Objekten, die nicht im Dorpater Kataloge enthalten waren, und ebenso eine Liste von 256 hellen Sternen mit entfernter stehenden Begleitern, von denen die meisten früher von andern Beobachtern notiert worden waren. Im Jahre 1843 erschien der Pulkowaer Katalog,[1]) und derselbe zerfällt in 2 Teile. Der erste umfasst alle engen Doppelsterne, der zweite die Sterne mit weiter abstehenden Begleitern, von denen manche so weit abstehen, dass sie kaum zu den Doppelsternen zählen können. Bei den neuen Untersuchungen auf der Licksternwarte sind deshalb auch nur die (engen) Doppelsterne des ersten Teiles des Pulkowaer Kataloges berücksichtigt worden. Im Jahre 1850 erschien eine neue Ausgabe dieses ersten Teiles,[2]) welche noch 16 zwischen 1843 und 1850 entdeckte Doppelsterne enthält. Ausserdem waren noch 17 anderweitige angezeigt, so dass die Gesamtzahl der Objekte 547 beträgt. Bei Zusammenstellung der 2. Ausgabe des Pulkowaer Kataloges hat jedoch Otto Struve 106 Sterne zurückgestellt, nämlich alle diejenigen, deren Distanz vom Hauptsterne 32″ überstieg, und diejenigen, welche bei einer Distanz von mehr als 16″ Begleiter von unter 9. Gr. zeigten; endlich wurden mehrere Sterne als sicher irrtümlich aufgeführt ausgeschlossen. Prof. Hussey hat durch genaue Vergleichung alles vorhandenen Materiales gefunden, dass eine Anzahl der in Pulkowa entdeckten Doppelsterne schon früher von andern Beobachtern gefunden worden war, und giebt ein Verzeichnis der-

[1]) Catalogue de 514 Étoiles Doubles et Multiples découvert sur l'hémisphère céleste boréal par la grand lunette de l'Observ. Central de Poulkowa.

[2]) Catalogue revu et corrigé des Étoiles Doubles et Multiples découv. a l'Observ. Centr. de Poulkowa.

selben. Ferner verbreitet er sich eingehend über die systematischen Messungsfehler bei O. Struve und die Untersuchungen, durch welche letzterer zu den Korrektionen gelangte, die er an seinen unmittelbaren Messungen anbrachte. In dem nun folgenden Verzeichnisse führt er die einzelnen Sterne nach der Ordnung, wie sie im Pulkowaer Kataloge stehen, auf und teilt für jeden zunächst seine auf der Lickssternwarte ausgeführten Messungen mit, sowie alles zur Beurteilung derselben erforderliche Detail. Daran schliessen sich die Messungen Struves, sowie etwaiger anderer Beobachter, so dass das gesamte über jeden einzelnen Stern vorhandene Material übersichtlich zur Hand ist.

Der Doppelstern 68 Comae Berenicis (Σ 1639). Dieser Stern, dessen Position am Himmel (für 1900,0) ist: α 12^h 19^m 25^s δ + 63° 52′, wurde von F. W. Struve 1827 zuerst beobachtet. Der Hauptstern ist 6.7, der Begleiter 7.9 Gr. Damals betrug die Distanz des Begleiters von seinem Hauptsterne 1.3″, sie nahm aber fortwährend ab und betrug 1889 nach H. Struve nur noch 0.2″, in den folgenden Jahren war der Stern selbst am 36-Zoller nur völlig einfach und rund. Erst 1895 konnte der Begleiter wieder gesehen werden, und 1901 betrug die Distanz nach Aitken etwa 0.3″. Thomas Lewis hat alle brauchbaren Messungen gesammelt und daraus die Bahn des Begleiters berechnet.[1]) Er findet als Zeit des Periastrons 1892.0, als Umlaufsdauer 180 Jahre, als Exzentrizität der Bahn 0.70 und als scheinbare halbe grosse Axe derselben 0.71″.

Ein neuer Doppelstern mit rascher Umlaufsbewegung des Begleiters wurde am 36-zolligen Refraktor der Lickssternwarte entdeckt. Er steht im Sobieskischen Schild in α 18^h 33^m 9^s δ — 3° 17′ (für 1900) und besteht aus 2 Sternen 6.9 und 7.1 Grösse. Nach den Messungen von Aitken beträgt die Distanz nur 0.13″; der Positionswinkel des Begleiters ändert sich rasch, wie folgende Messungen des genannten Astronomen zeigen:

1900.46	p = 353°.2
1901.56	338.3
1902.66	318.1.

Der Stern 83 Aquarii als Doppelstern. Dieser Stern 6. Grösse, dessen Ort am Himmel ist α 22^h 59^m 57^s δ — 8° 14′ (für 1900), erschien bei der Untersuchung durch den 12-zolligen Refraktor der Lickssternwarte in der Nacht des 29. Juli 1902 augenscheinlich länglich. Am 16. August untersuchte ihn deshalb R. G. Aitken mit dem 36-zolligen Refraktor und erkannte ihn jetzt deutlich als Doppelstern. Diese beiden Komponenten sind nahezu gleich hell und 6. Grösse, ihre Distanz voneinander beträgt nur 0.19″.

---

[1]) Monthly Notices 62. p. 200.

Die Bewegungsverhältnisse im Sternsysteme 70 Ophiuchi. Dieser Doppelstern wurde als solcher schon von Christian Mayer erkannt. Sein Ort am Himmel ist (für 1900.0) α: 18^h 0′ δ: + 2° 33′. Der Hauptstern ist 4. Grösse und gelblich, der Begleiter 6. Grösse und rot. Dieses Doppelsystem hat den Versuchen einer Bahnbestimmung des Begleiters stets grosse Schwierigkeiten bereitet. Die bedeutende Helligkeit der beiden Komponenten, sowie die rasche Eigenbewegung von 1.2″ im Jahre liessen auf eine geringe Entfernung des Systemes schliessen, was auch durch die Parallaxenmessungen bestätigt wurde, und so hatte man die Hoffnung gehegt, gerade bei diesem Systeme eine besonders genaue Bahnbestimmung durchführen zu können. Diese Hoffnung wurde aber getäuscht, und keine der vielen berechneten Bahnen reichte hin, die Bewegungsverhältnisse dieses interessanten Sternpaares darzustellen. Als Schur seine ersten Untersuchungen darüber durchführte, konnte er bereits ein Verzeichnis von vierzehn frühern Bahnbestimmungen zusammenstellen.[1]) Seither hat sich diese Zahl noch bedeutend vermehrt.

Der Vergleich der einzelnen Elemente lässt sofort erkennen, welche bedeutenden Unterschiede sich namentlich bei den früher berechneten Bahnen finden. Die Beobachtungen der Jahre 1818—1823 und 1823—1827 zeigen ein so verschiedenes Verhalten, dass, je nachdem auf die erstern oder die letztern das grössere Gewicht gelegt wird, die Bahn sehr verschieden ausfällt. Mit dem Hinzukommen der spätern Beobachtungen tritt natürlich das Gewicht der frühern mehr und mehr zurück, und die Elementensysteme werden ähnlicher. In den Umlaufszeiten aber bleibt ein auffallender Gang.

Da infolge dieser merkwürdigen Erscheinungen 70 Ophiuchi ein Gegenstand der aufmerksamsten ununterbrochenen Beobachtung war, so konnte Schur, als er seine 2. Untersuchung begann, über eine stattliche Anzahl von Beobachtungen verfügen. Unter diesen Umständen musste es natürlich Wunder nehmen, dass auch diese Bahnbestimmung, welche auf ein so umfassendes Material gegründet war, schon nach wenigen Jahren bedeutende und unerklärliche Abweichungen im Positionswinkel zeigte. Es war daher sehr naheliegend, hier den störenden Einfluss einer dritten unsichtbaren Masse zu vermuten, worüber sich schon bei Mädler eine Äusserung findet.[2]) Wenn es auch nicht bezweifelt werden kann, dass eine Bahnbestimmung nach den Keplerschen Gesetzen wieder die grossen Differenzen verschwinden lassen würde, so ist doch damit nicht erklärt, warum die frühern Bestimmungen, speziell die Schursche, dies nicht auch leisten, nachdem doch das Beobachtungsmaterial nach gewöhnlichem Massstabe weitaus ausreichend wäre.

Der erste, der den Versuch machte, die Bewegungsverhältnisse

---

[1]) Astron. Nachr. 71.
[2]) Astron. Nachr. 19.

einer dritten Masse in diesem Systeme festzustellen, war Jacob,[1]) doch wurde damals wenig Gewicht darauf gelegt. Erst in neuester Zeit, als sich die Abweichungen von der Schurschen Bahn gezeigt hatten, griff See wieder auf diese Hypothese zurück. Danach soll die 3. Masse in einer engen Bahn um den Hauptstern kreisen mit einer Umlaufszeit von 36 Jahren.

Die Elemente, von denen See ausging, waren durch einen Anschluss an die Distanzen allein gewonnen worden.[2]) Doolittle, der die nötigen numerischen Rechnungen durchführte, machte einen zweiten Versuch, indem er die Elemente aus Distanzen und Positionswinkelngleichmässig herleitete. Er fand so für den 3. Körper eine etwas längere Periode. Nach den Untersuchungen von Moulton[3]) ist aber die Stabilität dieses Systemes stark in Frage gestellt, da sich die lange Umlaufszeit mit der grossen Masse, die der 3. Körper haben muss, nicht vereinbaren lässt.

Burnham hat auch bei seinen Nachforschungen mit dem 18-zolligen Dearborn- und dem grossen Lickrefraktor von einem 3. Sterne in der Nähe der beiden andern nichts entdecken können.

Dr. Adalbert Prey hat nun abermals versucht,[4]) die Anomalien der Bewegung in diesem Sternsysteme durch die anziehende Wirkung einer dritten, unsichtbaren Masse zu erklären, jedoch macht er dabei die Annahme, dass diese 3. Masse sich nicht um eine der sichtbaren Komponenten des Doppelsternes bewegt, sondern um den Schwerpunkt beider eine Bahn von sehr grossem Halbmesser beschreibt. Er nimmt diesen Halbmesser sogar so gross an, dass die Umlaufsdauer des 3. Körpers, also seine Ortsveränderung, überhaupt nicht in Betracht kommt. Diese, die Rechnung vereinfachende Annahme lässt die Untersuchung eigentlich in dem Lichte einer Prüfung der Zulässigkeit dieser Hypothese überhaupt erscheinen, führt aber schliesslich zu einer Bejahung derselben. In späterer Zeit müssen die Rechnungen unter den jetzt gewonnenen Gesichtspunkten wiederholt werden.

Nach Aufstellung der zur Berechnung nötigen Formeln giebt Dr. Prey zunächst eine Zusammenstellung der bisher vorliegenden Beobachtungen, wobei er das von Schur zusammengestellte Material benutzt und es durch die seitdem gewonnenen Beobachtungen vermehrt. Auch für die Bahnelemente wurde das von Schur berechnete System als Ausgangspunkt gewählt und für die fernern Rechnungen 27 Normalpositionen des Begleiters gebildet, die den Zeitraum von 1790—1898 umfassen. Nach wiederholten Ausgleichsrechnungen kommt Dr. Prey zuletzt zu folgenden Bahnelementen, die er als definitive bezeichnet:

---

[1]) Monthly Notices 15.
[2]) Astron. Journal 16.
[3]) Astron. Journal 20.
[4]) Denkschriften d. mathem.-naturwiss. Klasse d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien 72. p. 77ff.

Halbe grosse Axe der Bahn	$a = 4.4979''$
Exzentrizitätswinkel	$\varphi = 29.372°$
Neigung der Bahn gegen Himmelskugel	$\iota = 56.788°$
Positionswinkel der Knotenlinie	$\Omega = 120.867°$
Winkel zwischen der Apsiden- und der Knotenlinie .	$\pi = 169.771°$
Mittlere jährliche Bewegung des Begleiters	$\mu = 4.13568°$

Die Umlaufszeit des Begleiters beträgt hiernach 87.1 Jahre. Dr. Prey giebt nun weiter die bei Berechnung der Darstellung verwendeten Werte der Störungen, die sich aus diesen Elementen ergeben, und zeigt, dass die Positionswinkel genügend dargestellt werden, selbst die bedeutende Abnahme derselben von 1897 auf 1900 spiegelt sich in der Rechnung wieder. Weniger gut werden die Distanzen dargestellt, und es muss unentschieden bleiben, ob diese Abweichungen reell sind oder nicht. Was die 3. Komponente des Systemes anbelangt, so findet Dr. Prey es nicht unwahrscheinlich, dass ein von Secchi und Doolittle beobachteter Stern, dessen Eigenbewegung nahezu gleich der des Hauptsternes von 70 Ophiuchi erscheint, diese 3. Komponente sein könnte. Die nächste Aufgabe wird also darin bestehen, durch Eigenbewegungs- oder Parallaxenbestimmungen festzustellen, ob dieser Stern wirklich zum Systeme von 70 Ophiuchi gehört.

Die Bahn des Doppelsternes β Delphini. Dieser von Burnham 1873 entdeckte sehr enge Doppelstern hat den Beobachtungen zufolge seit jener Zeit bereits einen vollen Umlauf um den Schwerpunkt der beiden Komponenten ausgeführt. Die grösste gemessene Distanz beider voneinander ist etwa 0.7″, die geringste 0.2″, so dass für die stärksten Fernrohre das System immer messbar blieb. Auch ist dieser Doppelstern sehr fleissig beobachtet worden, und selbst eine Anzahl von Bahnberechnungen darüber liegt vor. Die beiden letzten derselben, von See 1895 und von Burnham 1898 veröffentlicht, stimmen gut überein mit Ausnahme der halben grossen Axe der Bahn. R. G. Aitken hat jetzt eine neue Bahnberechnung veröffentlicht,[1]) bei der er sich auf neuere Beobachtungen besonders von Burnham und Schiaparelli stützen konnte. Indem er von den durch See berechneten Bahnelementen ausging und alle bessern Beobachtungen mit denselben verglich, leitete er 6 Normalwerte für die Positionswinkel des Begleiters in dem Zeitraume von 1876—1899 ab und fand daraus rechnerisch folgende Bahnelemente desselben:

Zeit des Periastrums	1883.10
Umlaufsdauer	27.66 Jahre
Exzentrizität	0.363
Halbe grosse Bahnaxe	0.475
Knoten	178.90° .
Neigung	60.90
Winkel der grossen Axe mit der Knotenlinie	351.95.

Der Wert für die scheinbare Grösse der halben grossen Axe der Bahn wurde aus verschiedenen Normalwerten von durch Burnham,

---

[1]) Astron. Society of Pacific 1902. No. 86. p. 153.

Barnard, Schiaparelli, Comstock, Hussey und Aitken gemessenen Distanzen des Begleiters abgeleitet. Gemäss diesen Bahnelementen muss die Distanz des Begleiters vom Hauptsterne anfangs 1903 etwa 0.48″ betragen, dann aber bis 1907 auf 0.19″ abnehmen.

Neue spektroskopische Doppelsterne. Auf der Lickstern-warte sind mit Hilfe des Millsschen Spektrographen weitere 6 Sterne mit veränderlicher Eigenbewegung in der Gesichtslinie zur Erde entdeckt worden. Dieselben sind also spektroskopische Doppelsterne, und Prof. W. W. Campbell macht darüber folgende Mitteilungen.[1]) Es bedeutet dabei — Annäherung an die Erde, + Entfernung von derselben in der Sekunde.

φ Persei ($\alpha = 1^h\ 37^m$, $\delta = +50^0\ 11'$)

Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde bei der 2. Aufnahme entdeckt.

Datum	Geschwindigkeit
1898 September 5. . .	— 2 *km*
1900 Dezember 16. . .	+ 24 «
1900 Dezember 16. . .	+ 23 «
1901 Oktober 15. . .	— 10 «
1901 November 11. . .	— 12 «

Das Spektrum des Sternes zeigt helle Wasserstofflinien, von denen Hβ von Espin zuerst gesehen worden ist. Die Linie Hγ kann vielleicht am treffendsten beschrieben werden als schmale Absorptionslinie mit sehr hellen Rändern. Die Messungen bezogen sich auf die Mitten der dunklen Linien.

η Geminorum ($\alpha = 6^h\ 9^m$, $\delta = +22^0\ 33'$)

Hierüber liegen folgende Aufnahmen und Messungen vor:

Datum	Geschwindigkeit
1900 Januar 15. . . .	+ 15.8 *km*
— « 15. . . .	+ 14.0 «
— « 21. . . .	+ 15.0 «
1901 Oktober 13. . . .	+ 22.1 «
— November 6. . .	+ 20.3 «
— Dezember 4. . .	+ 22.8 «
1902 Februar 2. . . .	+ 25 «
— « 2. . . .	+ 28 «

Die veränderliche Geschwindigkeit wurde auf der 3. Platte entdeckt.

γ Canis minoris ($\alpha = 7^h\ 23^m$, $\delta = +9^0\ 8'$)

Folgende Aufnahmen und Messungen über diesen Stern liegen vor:

Datum	Geschwindigkeit
1900 Oktober 29. . . .	+ 44 *km*
— « 29. . . .	+ 44 «
1901 November 6. . .	+ 41 «
— « 6. . .	+ 40 «
— Dezember 22. . .	+ 54 «
— « 22. . .	+ 53 «
— « 30. . .	+ 50 «

[1]) Lickobservatory Bulletin No. 20.

ζ Herculis ($\alpha = 16^h\ 38^m$, $\delta = +31°\ 47'$)

Im Mai und Juni 1893 haben Belopolsky zu Pulkowa, Campbell auf der Lickstemwarte und Newall zu Cambridge die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes spektrographisch bestimmt. Die Messungen Belopolskys in den Monaten Mai und Juni 1893 ergaben im Mittel: — 70.4 *km*. Diejenigen von Campbell im April 1897, sowie im Mai und August 1898 lieferten den Wert — 70.1, endlich die von Newall im Juni 1897, Mai 1898 und April 1899 ergaben im Mittel — 71.4 *km*.

Diese sämtlichen Aufnahmen zeigen keine Spur von Veränderlichkeit der Geschwindigkeit des Sternes. Die jüngsten Beobachtungen auf der Lickstemwarte ergaben dagegen folgendes:

Datum	Geschwindigkeit
1901 Juli 1.	— 74 *km*
— « 1.	— 73.9 «
— August 6. . . .	— 75.8 «
1902 April 13.	— 74.2 «
Mittel	— 74.6 *km*

Demnach hat sich die Geschwindigkeit des Sternes seit 1898 um 4 *km* geändert. Dieser Stern ist auch ein optischer Doppelstern, dessen Begleiter etwa 33 Jahre Umlaufsdauer hat.

α Equulei ($\alpha = 21^h\ 11^m$, $\delta = +4°\ 50'$)

Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde gemäss der dritten der nachstehend erwähnten Beobachtungen erkannt:

Datum	Geschwindigkeit
1900 Juni 25.	— 26 *km*
— Juli 18.	— 22 «
1901 Juni 25.	— 2 «
— September 1. . .	— 14 «
— Oktober 15. . . .	— 12 «
1902 Juni 2.	— 26 «

Der Stern hat, wie zuerst Miss Maury gefunden, ein zusammengesetztes Spektrum.

o Andromedae ($\alpha = 22^h\ 57^m$, $\delta = +41°\ 47'$)

Die folgenden Aufnahmen und Messungen über diesen Stern liegen vor:

Datum	Geschwindigkeit
1900 Oktober 9. . . .	— 11 *km*
— Dezember 17. . .	— 15 «
— « 17. . .	— 17 «
1901 Juni 25.	— 20 «
— August 12. . . .	— 12 «

Die Messungen beziehen sich auf die ausgezeichnet hervortretende Hγ-Linie. Wie Miss Maury zuerst gefunden, hat auch dieser Stern ein zusammengesetztes Spektrum. Schliesslich bemerkt Prof. Campbell: Vor Entdeckung von 38 spektroskopischen Doppelsternen mit Hilfe des Millsschen Spektrographen sind drei andere von Belopolsky in der nämlichen Liste von Sternen gefunden worden, im ganzen 41 unter 350 untersuchten Fixsternen. Das Verhältnis ist also ein spektroskopischer Doppelstern auf etwa 8 Sterne, eingerechnet die vermutlich doppelten, aber noch nicht bestätigten Sterne. Hieraus darf man schliessen, dass möglicherweise Sterne, welche keine spektroskopischen Doppelsterne sind, zu den Ausnahmen gehören.

Das spektroskopische Doppelsternsystem Mizar. Im Jahre 1901 hatte Prof. Vogel der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung vorgelegt, in welcher aus den Messungen der sich zeitweise verdoppelnden Linien im Spektrum des Hauptsternes des Doppelsternes ζ Ursae majoris (Mizar) unter der Voraussetzung, dass diese Erscheinung durch einen periodischen Umlauf zweier Sterne mit nahezu gleichen Spektren gedeutet werden kann, vorläufige Bahnelemente dieser Sterne abgeleitet worden waren.[1]) Die früher aus Beobachtungen auf der Sternwarte des Harvard College gewonnenen Anschauungen über dieses schon längere Zeit bekannte spektroskopische Doppelsternsystem sind durch jene zu Anfang 1901 am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam angestellten Beobachtungen wesentlich umgestaltet worden.

Die von Prof. Vogel ausgeführten Messungen bezogen sich auf 25 Spektrogramme, die zwischen März 24. und Mai 1. an 22 Abenden von Dr. Eberhard und Dr. Ludendorff mit einem neuen, von Vogel konstruierten Spektrographen, der in Verbindung mit dem photographischen Refraktor des Observatoriums von 33 *cm* Objektivöffnung gebracht worden war, angefertigt worden sind. Bei den ausserordentlich günstigen Witterungsverhältnissen im Frühjahre 1901 konnten aber bis zum 23. Juni noch weitere 30 Spektrogramme an ebensovielen Abenden von den genannten Astronomen zu Potsdam aufgenommen werden, deren Ausmessung dann Geh.-Rat Vogel vorgenommen hat. Die Resultate dieser Messungen, über die er nunmehr berichtet,[2]) geben eine schöne Bestätigung der früher erhaltenen, und damit haben die Beobachtungen über diesen interessanten Doppelstern einen gewissen Abschluss erlangt. Erst nach Verlauf grösserer Zeiträume werden genauere Werte über die Periodendauer und über etwaige Veränderungen im Elementensysteme erlangt werden können.

Über die Aufnahmen bemerkt Prof. Vogel, dass es recht schwierig gewesen sei, die richtige Expositionszeit einzuhalten, und dass nur bei besonders vorsichtiger Entwickelung schöne, zur Messung geeignete Platten erhalten werden konnten. Die mit Ausnahme der Wasserstofflinien äusserst zarten Linien im Spektrum würden bei kräftiger Entwickelung leicht überdeckt. Am stärksten sei die Magnesiumlinie λ 4481. Wenn die Linien doppelt erscheinen, projizieren sie sich auf dem hellen Spektralgrunde des Spektrums des andern Sternes und würden dadurch meist so schwach, dass die Messungen grosse Schwierigkeiten bereiten. Ausser bei den Magnesiumlinien sei es nur noch in einzelnen Fällen bei einigen Eisenlinien gelungen, Messungen der Linienabstände auszuführen. Wenn die Spektra nahezu zusammenfallen, so treten die Linien deutlicher hervor, sind aber immer etwas verwaschen und bei der Messung sehr schwer

[1]) Vergl. über diese Abhandlung dieses Jahrbuch 12. p. 97.

[2]) Société Hollandaise du Sciences à Harlem Extrait des Archives Neerlandaises des sciences exactes et naturelles 1901. p. 661.

aufzufassen. Derartige Aufnahmen sind nach Vogel zur Bestimmung der Bewegung des Systemes in der Gesichtslinie am geeignetsten; die zu erlangende Messungsgenauigkeit sei jedoch im Vergleiche mit Messungen an Platten von den Spektren anderer Sterne, die mit dem vorzüglichen Apparate aufgenommen worden waren, wenig befriedigend. Prof. Vogel kann nur die in seiner ersten Publikation über Mizar über diesen Punkt gemachte Bemerkung wiederholen: »es mag das darin begründet sein, dass bei der nicht vollkommenen Deckung der Spektra die Komponenten verschiedener Linienpaare nicht dieselben Intensitätsunterschiede besassen, dass also bei einer der einfach erscheinenden Linien die mehr nach Rot gelegene Komponente die stärkere, bei einer andern Linie die mehr nach Violett gelegene Komponente die stärkere war und dadurch eine verschiedene Auffassung der Linienmitte verursacht wird.«

Für die Bewegung des Systemes in der Sekunde relativ zur Sonne erhielt Prof. Vogel folgende Werte aus seinen Messungen.

Datum 1901	Bewegung relative zur Sonne km	Datum 1901	Bewegung relative zur Sonne km
April 5	— 15.5	April 27	— 12.7
„ 5	— 17.2	Mai 17	— 11.7
„ 16	— 15.9	„ 18	— 11.5
„ 17	— 13.0	„ 29	— 15.3
„ 18	— 17.9	Juni 5	— 12.7
„ 20	— 19.6	„ 6	— 12.6
„ 21	— 14.7	„ 7	— 11.6
„ 23	— 15.1	„ 8	— 10.3
„ 26	— 16.1	„ 9	— 11.4
		Mittel	— 14.2

Über die Verschiedenheit des Aussehens der Komponenten der Magnesiumlinie auf verschiedenen Aufnahmen hat Prof. Vogel auch schon in dem ersten Berichte über die Beobachtungen von Mizar gesprochen. Die weitern Beobachtungen haben keine Entscheidung darüber bringen können, dass die Veränderungen mit der Periode in Zusammenhang ständen.

»Selten«, sagt Prof. Vogel, »sind die Komponenten der Magnesiumlinie in Bezug auf Intensität und Breite gleich, gewöhnlich ist die brechbarere der Komponenten die breitere; nach einer Deckung der Spektra hat mit Bestimmtheit kein Wechsel im Aussehen nachgewiesen werden können. Unter den neuern Beobachtungen sind einige, bei denen beide Komponenten wieder doppelt sind. Die Linien der 2 Linienpaare sind dann sehr scharf und schmal. Die Ungleichheiten als zufällige Veränderungen im Korne der photographischen Schicht anzusehen, scheint wohl ausgeschlossen, da die

Ungleichheiten im Aussehen der Magnesiumlinien sich auch zuweilen in demselben Sinne bei einigen Eisenlinien zeigen, freilich, wegen der Schwäche derselben, nur mit geringer Sicherheit. Es scheint mir aber die Annahme nicht ausgeschlossen, dass bei den stark variierenden Abständen der beiden Körper bei ihrer Bewegung um einander (16—51 Millionen *km*) gegenseitige Störungen in den Atmosphären der Weltkörper entstehen, die zeitweilig Umkehrungserscheinungen oder Verbreiterungen zur Folge haben.«

Aus dem Vorstehenden geht zur Genüge hervor, dass die Messungen aussergewöhnlich schwierig sind, und Prof. Vogel schätzt aus der Übereinstimmung der einzelnen Beobachtungen deren Sicherheit auf $\pm$ 5 *km*.

»Die Periode ergiebt sich aus sämtlichen Beobachtungen 0.1 Tag kleiner, als nach den ersten Beobachtungen angenommen worden war. Sie wird wahrscheinlich zwischen 20.5^d und 20.6^d gelegen sein, und unter dieser Annahme und der Voraussetzung, dass die auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam 1889 Mai 25.49 und 1890 Juli 9.45 erhaltenen Spektrogramme von Mizar,[1]) auf denen die Magnesiumlinie λ 4481 scharf erscheint und noch mehrere schmale Linien zu erkennen sind, nicht weit von der Zeit der Deckung der Spektra erhalten wurden, lässt sich ein Anschluss an die frühern Beobachtungen machen. Die 9 Beobachtungen aus den Jahren 1889 und 1890 stimmen unter sich und im Anschlusse an die Zeit der Deckung der Spektra 1901 April 7.7 mit der Periode 20.55^d gut überein.«

Mit Benutzung der sämtlichen Beobachtungen und unter Annahme der Periodendauer zu 20.5^d ergiebt sich nach der Methode von Lehmann-Filhés nachstehendes, von Dr. Eberhard berechnetes Elementensystem, das nur wenig von dem früher abgeleiteten abweicht:

T_0 = 1901 März 28.82 m. Zt. Potsd. (Relat. Bew. im Visionsradius = 0).
T = 1901 März 29.01.
Exzentrizität der Bahn = 0.521.
Halbe grosse Axe der Bahn = 33 Millionen *km*.
Gesamtmasse beider Sterne = 3.5 Sonnenmassen.

Ist die Bahnebene gegen die Gesichtslinie geneigt, so sind die wahren Dimensionen entsprechend grösser.

Der spektroskopische Doppelstern β Cephei. Auf der Yerkessternwarte wurden während des letzten Winters von W. S. Adams am Brucespektrographen Photogramme von β Cephei erhalten, über deren Ausmessung durch Adams und Edwin B. Frost letzterer berichtet.[2])

Das Spektrum ist im allgemeinen ein solches des Oriontypus Vogels Klasse Ib oder Miss Maurys Klasse IIIa, von welcher Gruppe

---

[1]) Publ. des Astrophys. Obs. 7 I. Teil p. 144.
[2]) Astrophys. Journal 1902 June. 15. No. 5 p. 340.

das Spektrum des Sternes β Canis minoris als typisch betrachtet werden kann. Die Hauptlinien des Spektrums auf den obigen Platten gehören dem Sauerstoff, Silicium, Helium und Magnesium an und sind ziemlich breit, obgleich schärfer als in manchen Untergruppen dieses Sterntypus. Die Messungen von 6 Platten, die in der Zeit vom 18. Dezbr. 1901 bis zum 16. April 1902 aufgenommen wurden, lieferten für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde Werte, die zwischen — 4 und + 20 *km* pro Stunde schwanken. Es kann also kein Zweifel bestehen, dass diese Geschwindigkeit veränderlich ist, d. h. dass der Stern sich in kurzer Periode um einen ihm benachbarten Punkt bewegt, also ein spektroskopischer Doppelstern ist. Um die Dauer seiner Umlaufsbewegung zu ermitteln, hat Prof. Frost noch 5 Platten ausgemessen, die in der Zeit vom 23. April bis 23. Mai erhalten worden sind. Dieselben ergaben das merkwürdige Resultat, dass am 14. Mai innerhalb 5.5 Stunden die sekundliche Geschwindigkeit des Sternes sich von — 2.2 bis — 16.3 *km* änderte, so dass die Umlaufsperiode nur kurz sein kann, doch müssen neue Aufnahmen gemacht werden, um für die Dauer derselben einen bestimmten Wert angeben zu können.

Die Bewegung von χ Cygni in der Gesichtslinie zur Erde. Auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam hat Dr. G. Eberhard am dortigen 32.5 zentimetrigen photographischen Refraktor diese Bewegung mit einem vorzüglichen Spektrographen untersucht.[1]) Dieser veränderliche Stern hat ein recht schwaches Absorptionsspektrum, über welches ein Emissionsspektrum aus den sehr hellen Wasserstoff- und einigen schwächern Eisenlinien gelagert ist. Es wurden die hellen Hγ-Linien und die Eisenlinien λ 4308 gemessen. Auf Grund dieser kommt Dr. Eberhard zu dem Ergebnisse, dass die Bewegung desjenigen Teiles von χ Cygni, welcher helle Linien besitzt, konstant gleich —20 *km* in der Sekunde relativ zur Sonne ist. Die Bewegung des Teiles, welcher das kontinuierliche Spektrum mit dunklen Linien besitzt, ergab sich zu + 2.4 *km*. Dr. Eberhard fügt noch hinzu: »Sehr bemerkenswert ist, dass χ Cygni das gleiche Verhalten wie *o* Ceti zeigt, nämlich dass bei beiden Sternen das Emissionsspektrum eine Verschiebung nach Violett gegen das Absorptionsspektrum hat, während es bei den neuen Sternen umgekehrt zu sein pflegt. Von χ Cygni sind 1899 Juni 1 (90 *m* Exposition) und Juni 9 (150 *m* Exposition) von Dr. Ludendorff und mir 2 Aufnahmen gemacht worden, die Hγ, Hδ, Hζ, Hϑ, Hι hell zeigen, Hε fehlt infolge der starken Calciumabsorption. Hδ ist bei weitem die stärkste Linie. Zu diesen kommt noch eine helle Linie mit der Wellenlänge 3905.8 hinzu, welche also mit der Hauptlinie des Bogenspektrums von Silicium 3905.7 (Rowland) koinzidiert. Ich habe diese inter-

[1]) Astron. Nachr. No. 3769.

essante Thatsache weiter verfolgt und gefunden, dass auch in einer von Dr. Ludendorff und mir gefertigten Spektralaufnahme von Mira Ceti aus dem Jahre 1899 diese Linie vorkam, wie sie auch zweifellos in ältern Aufnahmen dieses Sterns von Vogel gemessen worden ist (λ 3906). Dass die helle Hβ-Linie nicht vorhanden war, obwohl Miss Maury dieselbe konstatiert hat, ist darauf zurückzuführen, dass sowohl für den photographischen Refraktor, als auch für den eben erwähnten Spektrographen Licht dieser Wellenlänge zu weit ab vom Fokus der sonst benutzten Spektralgegend (Hγ bis Hζ) vereinigt wird.

Zum Schlusse möchte ich noch anführen, dass die hellen Linien Hγ, Hδ und Fe λ 4308 ihre Intensitäten in verschiedener Weise änderten. Von August 2 bis September 19 ist Hδ beträchtlich heller als Hγ, von Oktober 3 bis Oktober 15 sind Hγ und Hδ wenig voneinander verschieden, Oktober 26 sind sie einander gleich, November 9 und 23 ist Hγ heller als Hδ.

Die Fe-Linie λ 4308 nimmt dagegen an Helligkeit zu, je schwächer der Stern wird. Während sie August 24 und 31 bei einer Exposition von 60 Minuten noch nicht vorhanden war, tritt sie von September 7 an bei gleich langer Belichtung schon hervor, und in dieser Stärke etwa blieb sie bis zur letzten Platte, auf welcher sie mit Hγ gleich hell ist. Die andern hellen Fe-Linien, z. B. λ 4202, waren bei den gewählten Belichtungszeiten nur äussert schwach sichtbar, jedenfalls nicht messbar.« Die bisher erhaltenen Resultate veranlasste Dr. Eberhard, die spektrographischen Untersuchungen über χ Cygni auch in der nächsten Erscheinung fortzusetzen.

Sternhaufen und Nebelflecke.

Der allgemeine Helligkeitseindruck von Sternhaufen.

Die Frage, wie weit die beobachtete Gesamthelligkeit eines Sternhaufens (Cumulus) durch Summierung der Helligkeiten der einzelnen Sterne, welche denselben bilden dargestellt werden kann, ist von Dr. J. Holetschek eingehend behandelt worden.[1])

Zur Bestimmung des Helligkeitseindruckes eines Sternhaufens bietet sich, wie Dr. Holetschek einleitend hervorhebt, die bekannte Wahrnehmung dar, dass mehrere Sterne, falls sie einander hinreichend nahestehen, für das Auge als ein einziges Objekt erscheinen können, zu welcher noch die andere hinzutritt, dass auch schwächere, einzeln nicht sichtbare Sterne wenigstens in ihrer Vereinigung gesehen werden können, falls sie nicht nur hinreichend nahe aneinander stehen, sondern auch genügend zahlreich sind. Diese Erscheinung lässt sich zur Bestimmung des Helligkeitseindruckes in der Weise benutzen, dass man den Cumulus mit dem schwächsten optischen Instrumente, in welchem er noch sichtbar ist, eventuell auch mit blossen Augen

[1]) Mathem.-naturw. Klasse der Kais. Akad. der Wissensch. in Wien Dezember 1901. 110. Abt. IIa.

betrachtet und diejenigen Fixsterne angiebt, welche so leicht oder so schwer wie der Cumulus gesehen werden können. Auch die Verschiedenheit der Schärfe der Augen liefert noch eine Fortsetzung der Skala, denn was vom Fernrohre, gilt in dieser Beziehung auch vom Auge: Ein schärferes unterscheidet oder trennt, ein schwächeres unterscheidet nicht, sondern vermengt, trennt nicht, sondern vereinigt. Infolgedessen ist ein schwächeres Auge im stande, auch von relativ weit ausgebreiteten Sternhaufen, z. B. von der Plejadengruppe, ja sogar von der Coma Berenices oder von den Sternen im Kopfe der Hydra, den Gesamthelligkeitseindruck wenigstens angenähert zu bestimmen. Es brauche, fährt er fort, aus diesem Grunde auch gar nicht zu überraschen, dass ein schwächeres Auge einen Sternhaufen im allgemeinen grösser sehe, allerdings minder deutlich, als ein schärferes; es zeigt sich hier dasselbe, was bei der Betrachtung eines Kometenkernes mit Instrumenten von verschiedener optischer Kraft beobachtet wird. Mit stärkerem Instrumente und stärkern Vergrösserungen lassen sich von dem Kerne mehr Hüllen trennen, und man sieht ihn deshalb kleiner als mit einem schwächern, das die Hüllen mit dem Kerne zu einem einzigen, viel ansehnlichern Körper vereinigt.

Beim Beobachten eines Sternhaufens mit successive schwächern Instrumenten rücken die Sterne optisch immer näher zusammen und vereinigen sich schliesslich zu einem einzigen Gestirne. Doch werden solche, die zu weit abstehen, zu lichtschwach oder zu wenig zahlreich sind, in schwächern Instrumenten unsichtbar, ohne sich früher untereinander oder mit andern Sternen zu einem einzigen Objekte vereinigt zu haben; diese Sterne dürfen also bei der Berechnung der Gesamthelligkeit eines Cumulus aus den einzelnen Sternen nicht mitgezählt werden, sondern nur diejenigen, welche zum Gesamthelligkeitseindrucke thatsächlich beitragen.

Wie weit zwei oder mehrere Sterne voneinander abstehen dürfen, damit sie noch als ein einziges Objekt erscheinen können, hängt von ihrer Helligkeit, von der Schärfe der Augen oder des optischen Instrumentes und schliesslich auch vom Luftzustande ab. So z. B. sind die Sterne α_1 und α_2 Capricorni, welche die Helligkeiten 4.7^m und 3.8^m besitzen, von Heis, dessen Auge von besonderer Schärfe war, stets getrennt, von Argelander dagegen, dessen Auge nur von mittlerer Schärfe war, als ein einziges Gestirn 3. bis 4. Gr. gesehen worden. Die 2 Sterne 4 und 5 Lyrae sind von Heis nur bei reiner Luft getrennt gesehen worden. Es können aber auch Sterne, die weiter voneinander abstehen, als ein einziges, zusammenhängendes Objekt erscheinen, wenn ein zwischenliegender Stern von hinreichender Helligkeit gewissermassen eine verbindende Brücke bildet. So ist in der von Houzeau unter den mit blossen Augen nicht auflösbaren Sternhaufen u. a. auch die Vereinigung der Sterne 4 und 5 Vulpeculae angeführt, die mehr als 20′ voneinander abstehen und in der Uranometria nova von Argelander und im Atlas coelestis novus von Heis einzeln angegeben sind; es scheint hier, dass die Vereinigung, also eigentlich das undeutliche Sehen, durch einen etwas seitlich von der Verbindungslinie stehenden Stern 6. bis 7. Gr. verursacht worden ist.

Zur Berechnung der Helligkeiten der Sterne verschiedener Grössenklassen geht Dr. Holetschek von der gegenwärtig allgemein angenommenen Voraussetzung aus, dass jede folgende, schwächere Klasse der Sterngrössen $^1/_4$ $\left(\text{genau } \frac{1}{2.512}\right)$ der Intensität der vorhergehenden hat. Er setzt die Intensität eines Sternes 0.0^m (der also eine Grössenklasse heller ist als ein Stern 1. Gr.) gleich 1 und berechnet nun zunächst die verhältnismässigen Intensitäten der Sterne bis zur 12.5 Grössenklasse. Aus der von ihm gegebenen ausführlichen Tabelle mögen hier folgende Helligkeiten für einige Grössenklassen der Sterne hervorgehoben werden.

0.	Grösse:	Intensität	= 1
1.	»	»	= 0.39811
2.	»	»	= 0.15849
3.	»	»	= 0.06310
4.	»	»	= 0.02512
5.	»	»	= 0.01000
6.	»	»	= 0.00398
7.	»	»	= 0.00158
8.	»	»	= 0.00063
9.	»	»	= 0.00025
10.	»	»	= 0.00010
11.	»	»	= 0.00004
12.5	»	»	= 0.00001

Man ersieht, beiläufig bemerkt, aus dieser Tabelle, dass ein Stern der normalen 1. Gr. hundertmal mehr Lichtintensität besitzt als ein solcher 6. Gr., und dieser hundertmal mehr als ein Stern 11. Gr.

Dr. Holetschek betrachtet nun zunächst einige Gruppen, welche in den Karten von Argelander und Heis als Sternhaufen (Cumulus) verzeichnet sind, die aber in Wirklichkeit nur Gruppen von sehr wenigen und wahrscheinlich physisch gar nicht zusammengehörenden Sternen sind. Hierzu gehört die Gruppe im Einhorn ($\alpha = 6^h\ 17^m, \delta = +11.1^0$), die Gruppen in den Jagdhunden $\alpha = 12^h\ 28^m, \delta = +37.2^0$ und $\alpha = 12^h\ 8^m, \delta = +47.9^0$, in der Schlange ($\alpha = 15^h\ 48^m, \delta = +9.7^0$).

Nach diesen sternarmen, vielleicht nur zufälligen Gruppen untersucht er nun einige von den eigentlichen Sternhaufen bezüglich der Berechenbarkeit ihrer Helligkeit, darunter hauptsächlich die bei Argelander und Heis vorkommenden, also schon für das blosse Ange, wenn auch zum Teile nur unter besonders günstigen Umständen sichtbaren Sternhaufen.

Dem Zuge der Milchstrasse in der Richtung von Nord nach Süd folgend, beginnt Holetschek mit dem nördlichsten der bei Argelander und Heis vorkommenden Sternhaufen, nämlich mit dem im Camelopard, Generalkatalog No. 802 ($\alpha = 3^h\ 50^m, \delta = +62.1^0$). Seine Helligkeit ist nach den Messungen der Harvard Photometry 6.15^m, nach den Schätzungen 5.5^m. Was die einzelnen Sterne anbelangt, so ist der hellste derselben der Doppelstern Σ 485, dessen Gesamthelligkeit 6.27^m ist. Dieser giebt in Verbindung mit seiner nähern Umgebung, zu welcher nebst mindestens 12 Sternen 9. bis 10. Gr. noch ein 5′ abstehender Stern 8.3^m und ein 7′ abstehender 8.0^m gerechnet werden kann, als Helligkeitssumme 5.9^m und noch mehr, also schon eine zur Erkennbarkeit für das blosse Auge hinreichende Helligkeit. Unter Zuziehung eines 20′ abstehenden Sternes (7.0^m) erhält man 5.6^m, und damit ist die aus Schätzungen abgeleitete, grössere Helligkeit schon so weit erreicht, dass es nicht mehr nötig erscheint, auch noch andere Sterne in Betracht zu ziehen.

Eine ausgedehntere Untersuchung widmet Dr. Holetschek dem grossen Doppelcumulus im Perseus h und χ Persei. Position für 1900:

$$\alpha = 2^h\ 12^m, \delta = +56.7^0$$
$$\text{und } \alpha = 2^h\ 15^m, \delta = +56.7^0$$

Distanz der beiden Sternhaufen von Mitte zu Mitte ungefähr 25′.

Nach Houzeau liegt die Helligkeit eines jeden dieser beiden Sternhaufen zwischen 5. und 6. Gr., so dass also in dieser Beziehung zwischen ihnen kein erheblicher Unterschied wäre. Nach den Schätzungen in der Harvardphotometry ist die Helligkeit des vorangehenden h 5.0^m, die des nachfolgenden χ 5.3^m, also der vorangehende auffallender als der nachfolgende. Diese Differenz, sagt Holetschek, zeigt sich besonders bei ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnissen, also z. B. bei tiefem Stande, indem hier der nachfolgende mehr geschwächt erscheint als der vorangehende, und man kann für jede der beiden Komponenten, namentlich wenn die Randpartien

mitgerechnet werden, so dass jeder Cumulus unter einem Durchmesser von etwa 20′ erscheint, auch eine bedeutendere Helligkeit ansetzen, und die beiden Sternhaufen erscheinen, insbesondere bei klarer Luft und grosser Höhe, durch die Angaben 4.3^m und 4.7^m noch immer nicht zu hell geschätzt.

Dr. Holetschek untersucht nun, durch welche Sterne und durch welches Areal diese Helligkeitsangaben dargestellt werden können.

Zu dieser Untersuchung hat er für h Persei hauptsächlich die Arbeit von Oertel,[1] für χ Persei die von Vogel[2] benutzt. Die erstere erstreckt sich auf 126 Sterne, unter denen 2 Sterne 6.5^m, 1 Stern 6.6^m, 3 Sterne von 7.1^m—7.7^m, 8 Sterne von 8.1^m—8.9^m, 51 Sterne von 9.0^m—9.9^m, 41 Sterne von 10.0^m—10.8^m und 20 Sterne von 11.0^m—12.5^m sind, die letztere auf 176 Sterne, unter denen man 1 Stern 6.6^m, 1 Stern 7.7^m, 9 Sterne von 8.0^m—8.9^m, 24 Sterne von 9.0^m—9.9^m, 59 Sterne von 10.0^m—109^m, 42 Sterne von 11.0^m bis 11.9^m und 40 Sterne von 12.0^m—13.2^m findet. Addiert man die Helligkeiten dieser Sterne, so erhält man als Helligkeitssumme für h Persei 4.0^m, für χ Persei 4.4^m, und damit erscheint zunächst bestätigt, dass der letztere Sternhaufen weniger hell ist als der erstere.

Holetschek führt nun die Untersuchung unter Ausschluss der Sterne, die wegen ihrer grössern Distanz oder isolierten Stellung bei der Sichtbarkeit des Cumulus für das blosse Auge nicht mitwirken, nochmals durch.

Bei h Persei, sagt er, bietet sich als eine inniger zusammenhängende Gruppe diejenige dar, welche von der anscheinend dichtesten Stelle einerseits bis 6′, anderseits bis zu 8′ absteht. Sie hat einen Durchmesser von 10—14′, und zwar findet man hier 78 Sterne mit Helligkeiten von 6.5^m bis 12.5^m, und die Summe dieser Helligkeiten ist nach der Rechnung 4.6^m. Berücksichtigt man nur die 38 Sterne von 6.5^m—9.8^m, so erhält man 4.85^m und, wenn man nur die 23 Sterne von 6.5^m—9.5^m in Rechnung zieht, den noch immer beträchtlichen Wert 5.0^m. Durch diese Zahl erscheint die in der Harvardphotometry für h Persei angegebene Helligkeit vollständig dargestellt.

Anders ist es in dieser Beziehung bei χ Persei. Hier sind die Sterne der dichtern Partie wesentlich schwächer, indem selbst der ansehnlichste nur die Helligkeit 8.3^m hat, und die Summierung der 11 hellsten (8.3^m bis 9.6^m) bloss 6.3^m giebt. Man muss daher, um die Auffälligkeit dieses Cumulus für das blosse Auge darstellen zu können, auch noch weiter entlegene Sterne, insbesondere den mehr als 6′ nördlich stehenden hellsten Stern 6.6^m und die nordöstlich stehenden Sterne 7.7^m und 8.0^m in Rechnung ziehen und wird dadurch auf ein Gebiet von 12′—15′ Durchmesser geführt. Nimmt man die genauere Abgrenzung des in Rechnung zu ziehenden Gebietes in der Weise vor, dass an den Rändern entweder nur helle Sterne oder Gruppen von schwächern Sternen, also in keinem Falle vereinzelte schwächere Sterne stehen, so fallen von den auf der Karte von Vogel dargestellten 176 Sternen 73 weg, und die übrigbleibenden 103 Sterne geben als Helligkeitssumme 4.8^m. Schliesst man unter diesen die 80 schwächern aus, so geben die jetzt noch übrigbleibenden 23, nämlich die Sterne von 7.7^m—9.6^m in Verbindung mit dem hellsten Sterne 6.6^m als Helligkeitssumme 5.1^m. Um die in der Harvardphotometry für χ Persei angegebene Helligkeit 5.8^m zu erhalten, braucht man nur die 14 Sterne von 6.6^m bis 9.0^m in Rechnung zu ziehen. Damit erscheint auch die allgemeine Angabe, dass die Helligkeit von χ Persei zwischen der 5. und 6. Gr. liegt, dargestellt.

---

[1] Neue Beobachtung und Ausmessung des Sternhaufens 38^h Persei am Münchener grossen Refraktor von K. Oertel. Neue Annalen der k. Sternwarte in Bogenhausen bei München, 2.

[2] Der Sternhaufen χ Persei, beobachtet am 8-zolligen Refraktor der Leipziger Sternwarte von H. C. Vogel. Leipzig 1878.

Nahe zu demselben Resultate führt auch die Beobachtung dieses Sternhaufens von Pihl.[1])

Wenn nun, fährt Dr. Holetschek fort, so wie bei h Persei auch hier bei χ Persei untersucht wird, durch welche Sterne der Haupthelligkeitseindruck des Cumulus bewirkt wird, so zeigt sich, dass dies durch die Vereinigung des Lichtes der dichtern Partie (6.3^m) mit dem des Sternes 6.6^m geschieht. Die Helligkeitssumme dieser ein Gebiet von etwa 8′ umfassenden Vereinigung ist demnach 5.7^m, und auch von dieser Zahl kann man sagen, dass sie die Angabe, die Helligkeit des Cumulus liege zwischen der 5. und 6. Gr., darstellt. Die andern Sterne tragen zum Helligkeitseindrucke hauptsächlich nur in der Weise bei, dass sie den Cumulus für das Auge zu einem verschlungenen Sterngewebe machen.

Nach diesen Darlegungen erscheint die hellste Partie bei χ Persei auf eine grössere Fläche verteilt als bei h Persei, hat aber eine geringere Flächenhelligkeit.

Südlich von dem grossen Doppelcumulus steht im Perseus noch ein anderer, dem blossen Auge erkennbarer Sternhaufen, nämlich G. K. 584 (M. 34). Position für 1900:

$$\alpha = 2^h\,36^m,\ \delta = +42.3^\circ,$$

dessen Helligkeitseindruck nicht weit von 5.7^m ist. In diesem Cumulus sind von Pihl[2]) 85 Sterne beobachtet worden. Diese würden den angegebenen Grössen zufolge (7.2^m—10.7^m), zusammen einen Stern von der Helligkeit 4.4^m liefern. Da diese Helligkeit im Vergleiche mit der beobachteten viel zu gross ist, so können bei der Sichtbarkeit des Cumulus für das freie Auge nicht alle diese Sterne mitwirken, und es zeigt sich in der That, dass das in Rechnung zu ziehende Gebiet bis auf etwa 7′ Durchmesser eingeengt werden darf. Man findet hier 13 Sterne mit Helligkeiten von 7.7^m—10.3^m, und die Summierung derselben giebt 5.6^m. Die schwächern Sterne sind aber hier so wenig und stehen so isoliert, dass sie zum Gesamthelligkeitseindrucke so gut wie gar nichts mehr beitragen und daher von der Rechnung ausgeschlossen werden können. Werden demgemäss nur die neun hellern Sterne, nämlich 2 Sterne 7.7^m, 2 Sterne 8.0^m, 3 Sterne 8.3^m, je ein Stern 8.4^m und 8.7^m in Rechnung gezogen, so ergiebt sich die Helligkeit 5.7^m, und damit erscheint der beobachtete Helligkeitseindruck völlig dargestellt.

Im Fuhrmann trifft man auf den auffallendsten Cumulus, G. K. 1451. Position für 1900:

$$\alpha = 6^h\,40^m,\ \delta = +41.2^\circ,$$

welcher zwar nicht bei Argelander, wohl aber bei Heis vorkommt und somit für schärfere Augen ohne Fernrohr zu erkennen ist. Diese bedeutende Auffälligkeit können aber nicht ausschliesslich die Sterne des eigentlichen Cumulus — etwa 6 Sterne 9. Gr. nebst einigen noch schwächern — bewirken, da dieselben eine zur Erkennbarkeit für das blosse Auge unzureichende Helligkeitssumme geben, sondern es müssen noch entferntere helle Sterne in Betracht kommen, und zwar insbesondere der vorangehende 8.5^m, der südlich stehende 8,5^m und der nördlich stehende 8.0^m, der letztere schon deshalb, weil Heis die Position dieses Sternes als Position des Cumulus angesetzt hat. Es ergiebt sich durch diese Erweiterung der Grenzen ein Gebiet von ungefähr 20′ Durchmesser, welches neun hellere Sterne enthält, nämlich einen Stern 8.0^m, 2 Sterne 8.5^m, einen Stern 8.9^m, 3 Sterne 9.0^m und 2 Sterne 9.1^m, ausserdem als schwächere Sterne einen Stern 9.3^m, 4 Sterne 9.4^m und 6 Sterne 9.5^m. Addiert man diese Hellig-

[1]) The stellar cluster χ Persei, micrometrically surveyed by O. A. L. Pihl. Christiania 1891.

[2]) Micrometric examination of stellar cluster in Perseus by O. A. L. Pihl. Christiania 1869.

keiten, so erhält man als Summe 5.8^m und, wenn man die schwächern Sterne nicht berücksichtigt, 6.8^m. Durch dieses Resultat erscheint nicht nur der Umstand dargestellt, dass der Cumulus zwar bei Heis, aber nicht bei Argelander vorkommt, sondern auch die in der Harvardphotometry angegebene, aus Schätzungen abgeleitete Helligkeit 6.4^m. Dagegen kann die andere, in der Harvardphotometry angegebene, aus Messungen abgeleitete wesentlich grössere Helligkeit 5.84^m durch diese Sterne in keiner Weise erklärt werden, und man müsste, um diese bedeutende Helligkeit darzustellen, noch viel weiter südlich stehende helle mitrechnen. Das ist übrigens der einzige Fall, dass in der Harvardphotometry die durch Messungen gefundene Helligkeit eines Sternhaufens grösser ist als die durch Schätzungen gefundene.

Der ebenfalls im Fuhrmann stehende Cumulus G. K. 1119 (M. 38) Position für 1900: $\alpha = 5^h\,22^m$, $\delta = +35.7^0$, ist ein Beispiel dafür, dass nicht jeder Sternhaufen bei Betrachtung mit schwächern optischen Mitteln eine einzige Gruppe bleibt, die schliesslich als Ganzes unsichtbar wird, sondern dass es auch Sternhaufen giebt, welche bei Betrachtung mit schwächern Instrumenten in mehrere Gruppen zerfallen, die einzeln schwächer und unabhängig voneinander unsichtbar werden.

Dieser Cumulus nimmt zwischen den dicht gedrängten und den weit zerstreuten Sternhaufen eine Mittelstellung ein; während die erstern bei Betrachtung mit schwächern optischen Mitteln als Ganzes unsichtbar werden und bei den letztern die Sterne einzeln verschwinden, werden sie hier gruppenweise unsichtbar.

In ähnlicher Weise verbreitet sich Dr. Holetschek eingehend über eine Anzahl noch anderer Sternhaufen. Er zeigt, dass es bei allen möglich ist, die beobachtete Gesamthelligkeit durch die Summierung der Helligkeiten der einzelnen Sterne darzustellen, ohne dass es nötig wäre, die Frage zu entscheiden, ob durch Verteilung einer Helligkeit auf eine grössere Fläche der Gesamthelligkeitseindruck derselbe bleibt oder andernfalls vergrössert oder verkleinert wird.

Fechner ist in seiner bekannten Abhandlung: »Über ein psychophysisches Grundgesetz und dessen Beziehung zur Schätzung der Sterngrössen« zu der Folgerung gelangt, dass die Helligkeitssumme einer starken Intensität durch Verteilung, wenn solche nicht zu weit geht, wächst, anderseits aber, wenn eine schwache Intensität von einem Punkte auf mehrere Punkte verteilt wird, oder die Verteilung einer starken Intensität zu weit getrieben wird, eine Abnahme der Helligkeit im ganzen erfolgt. Wo aber die Grenze zwischen diesen beiden Fällen, d. h. zwischen starker und schwacher Intensität liegt, lässt sich nicht ziffermässig feststellen, und überhaupt kann von vornherein auch ein Gleichbleiben des Helligkeitseindruckes ebensowenig in Abrede gestellt werden, wie ein Zu- oder Abnehmen desselben. Wer behauptet: Grösseres fällt mehr in die Augen, auch wenn es weniger hell ist, kann ebenso recht haben, wie der, welcher sagt: Helleres fällt mehr in die Augen, auch wenn es kleiner ist, oder wie der, welcher meint, für ihn sei der Helligkeitseindruck in beiden Fällen derselbe.

Wenn man nun aber doch, fährt Dr. Holetschek fort, die hier untersuchten Sternhaufen auf die beiden Fälle verteilen soll, so wird man die meisten derselben als Beispiele für den zweiten Fall bezeichnen können, indem bei ihnen der durch direkte Beobachtung bestimmte Helligkeitseindruck geringer ist, als die durch Addition der Helligkeiten sämtlicher Sterne erhaltene Helligkeitssumme. Als Beispiel für den ersten Fall drängt sich der Doppelcumulus im Perseus auf, und ebenso wird man hier die Plejadengruppe nennen dürfen, bei welcher die berechnete Gesamthelligkeit nicht weit von 2.0^m, die beobachtete dagegen zwischen 1^m und 2^m, also etwas bedeutender ist.

Die Krippe im Krebs, deren Sterne nach der Rechnung sehr nahe die 4. Gr. geben, kann nach Houzeau (4^m—5^m) zum zweiten Falle, nach

Holetschek ($3\frac{1}{2}^m - 4^m$) zum ersten gerechnet werden, zeigt also, dass eine solche Unterscheidung zwischen den beiden Fällen in einem hohen Grade durch die verschiedene Auffassung der Beobachter bedingt ist. Sicher ist, dass diese Unentschiedenheit umsoweniger auftreten kann, je gedrängter ein Sternhaufen ist, und in demselben Grade zeigt sich auch die Widerstandsfähigkeit eines Sternhaufens gegen das Unsichtbarwerden. Ein gedrängter, fast wie ein einziger heller Fixstern erscheinender Sternhaufen, der genau so viele und so helle Sterne enthält wie ein anderer, aber zerstreuter Sternhaufen, kann viel länger sichtbar bleiben als der zerstreute, und dieser Unterschied macht sich nicht nur dann bemerkbar, wenn ein Sternhaufen mit schwächern optischen Mitteln betrachtet wird, sondern auch bei irgendeiner andern Schwächung seines Lichtes, so durch Trübung der Atmosphäre oder durch Mondschein, oder auch dann, wenn ein Sternhaufen in der Morgendämmerung immer mehr vom Tageslichte überstrahlt wird.

Es zeigen sich hier Eigentümlichkeiten, die auch an Kometen beobachtet werden. Sowie in einem Sternhaufen, der gegen die Mitte reichlich, gegen die Ränder zu aber nur spärlich mit Sternen besetzt ist, bei Erhellung des Himmelsgrundes, z. B. in der Morgendämmerung, zuerst die Sterne an den Rändern unsichtbar werden und die mittlere, dichtere Partie am längsten sichtbar bleibt, so wird auch ein Komet unter denselben Umständen zuerst an den Rändern unkenntlich, während die am hellsten erscheinende, den Kern bildende Partie am längsten der Extinktion widersteht, und zwar ist diese Widerstandsfähigkeit gegen die Auslöschung durch das Tageslicht umso grösser, je konzentrierter, je fixsternartiger der Kern erscheint.

Durch den Umstand, dass in einem zerstreuten, verhältnismässig spärlich mit Sternen besetzten Cumulus, z. B. M. 38 oder 25, die Sterne gruppenweise oder gar einzeln, ihren Helligkeiten entsprechend, verschwinden und daher der Cumulus viel früher unsichtbar wird, als nach der berechneten Helligkeitssumme zu erwarten wäre, wird man an die häufig beobachtete Thatsache erinnert, dass ein Komet, der im Nachtdunkel auffallender erscheint, als ein in seiner Nähe stehender Fixstern, bei Tagesanbruch eher unkenntlich wird als der Stern.

Sternhaufen dieser Art bilden einen Übergang zu denjenigen, welche wie der im Bootes $\alpha = 14^h\,1^m$, $\delta = +29.0^\circ$, der grosse Nebel im Triangel M. 33 $\alpha = 1^h\,28^m$, $\delta = +30.1^\circ$ oder der planetarische Nebel im Grossen Bären M. 97 $\alpha = 11^h 9^m$ $\delta = +55.6^\circ$ ziemlich gleichförmig erhellt, aber im Verhältnisse zu ihrer Grösse so lichtschwach sind, dass die Bestimmung der Gesamthelligkeit unthunlich wird, indem die Flächenhelligkeit mehr zur Geltung gelangt, und die Sichtbarkeit hauptsächlich davon abhängt, in welchem Grade sich das Gebilde vom Himmelsgrunde abheben kann. Auch diese Sichtbarkeitsverhältnisse können an Kometen beobachtet werden, wenn dieselben das hier angedeutete Aussehen zeigen.

Wenn wir nun die hier dargelegten Untersuchungen von Sternhaufen nochmals überblicken, so zeigt sich, dass das Verhältnis, in welchem die hellern und die schwächern Sterne zum Totaleindrucke eines Sternhaufens beitragen, im Grunde genommen überall dasselbe ist: Die schwächern Sterne kommen neben und zwischen den hellern so wenig zur Wirksamkeit, dass der beobachtete Helligkeitseindruck schon durch die hellern Sterne allein dargestellt wird, und zwar genügt es im allgemeinen, nur die Sterne in Rechnung zu ziehen, welche von dem hellsten Sterne des Cumulus an auf ein Helligkeitsintervall von 1—2 Grössenklassen verteilt sind.«

Schliesslich behandelt Dr. Holetschek noch die drei dichtgedrängten, reichen Sternhaufen M. 13 Herculis, ω Centauri und 41 Tucanae. Für den ersten ergiebt sich die Gesamthelligkeit = 5.7 Gr., was mit den Angaben der Harvardphotometry 5.9 Gr. nahe übereinstimmt. Als durchschnittliche Helligkeit aller (833) in Betracht gezogenen Sterne findet Dr. Holetschek 13.0 Gr.

Auf Photographien des Cumulus ω Centauri $\alpha = 13^h\,20.7^m$, $\delta = +46.8^\circ$, und zwar auf einer quadratischen Fläche von 30′ Seitenlänge, sind von

S. J. Bailey gegen 6400 Sterne gezählt worden.[1]) Über die Grössen derselben sind keine Angaben gemacht, und man ist daher nicht in der Lage, aus den Helligkeiten der einzelnen Sterne die Gesamthelligkeit zu berechnen. Dr. Holetschek hat dafür umgekehrt versucht, aus der Anzahl der Sterne und der Gesamthelligkeit des Cumulus die durchschnittliche Grössenklasse dieser Sterne zu berechnen. Nach J. Herschel erscheint der Culumus für das blosse Auge wie ein nebeliger Stern 4. oder 5. Gr., nach der Uranometria Argentina wie ein Stern 4. Gr. Man findet nun, dass 6400 Sterne, wenn sie zusammen die Helligkeit eines Sternes 4. oder 5. Gr. geben, durchschnittlich von der Helligkeit 13.5^m, beziehungsweise 14.5^m sein müssen. »Da aber von den zusammengezählten Sternen bei der Sichtbarkeit für das blosse Auge, also beim Gesamthelligkeitseindrucke, gewiss nicht alle zur Wirksamkeit gelangen, indem die photographischen Aufnahmen weit über die Grenzen des eigentlichen Cumulus hinausgehen, so müssen viele und insbesondere die von der Mitte weiter abstehenden Sterne ausgeschlossen werden. Diese dürften den 3. Teil aller Sterne betragen, so dass nur etwa 4000 in Rechnung zu ziehen wären. Für diese findet man, wenn sie zusammen die Helligkeit eines Sternes 4. oder 5. Gr. geben sollen, als durchschnittliche Helligkeit 13.0^m, beziehungsweise 14.0^m.

Eine ähnliche Rechnung lässt sich für den Cumulus 47 Tucanae $\alpha = 0^h 20^m$, $\delta = -72.6^0$ machen, dessen Helligkeit nach der Uranometria Argentina $14\,{}^1/_2{}^m$ ist. Man findet im 26. Bande der Annalen des Harvard College Observatory die Resultate einer Abzählung, nach welcher sich auf einer quadratischen Fläche von 30′ Seitenlänge 2673 Sterne und unter diesen 1715 »helle« befinden. Dabei sind aber die Sterne in der Mitte des Cumulus, nämlich auf einem quadratischen Felde von 3′ Seitenlänge, weggelassen, weil sie wegen ihrer zu grossen Gedrängtheit nicht mehr mit genügender Sicherheit gezählt werden konnten. Unter der Annahme, dass die hier fehlenden Sterne durch die weiter abstehenden, bei der Sichtbarkeit für das blosse Auge nicht mehr in Betracht kommenden Sterne an Helligkeit aufgewogen werden, können die angegebenen Summen gleich so, wie sie sind, zur Rechnung benutzt werden.« Dr. Holetschek findet nun, dass die 1715 als hell bezeichneten Sterne, wenn sie zusammen die Helligkeit eines Sternes 4.5^m geben sollen, durchschnittlich von der Helligkeit 12.6^m und sämtliche 2673 Sterne bei derselben Forderung von der Helligkeit 13.1^m sein müssen.

J. Herschel hat in seinen Kapbeobachtungen die Sterne dieses Cumulus einmal als Sterne 14.—16. Gr., einmal als Sterne 14. Gr. und einmal als Sterne 12.—14. Gr. bezeichnet.

Für jeden der 3 Sternhaufen M. 13 Herculis, ω Centauri und 14 Tucanae ergiebt sich, wie Dr. Holetschek betont, ungefähr dieselbe durchschnittliche Sternhelligkeit, doch darf diese angenäherte Übereinstimmung nicht überraschen, weil die Rechnungsgrundlagen, nämlich Gesamthelligkeit und Anzahl der Sterne, nicht so weit voneinander verschieden sind, dass eine wesentliche Verschiedenheit der durchschnittlichen Sternhelligkeit zu erwarten wäre.

Triangulation der Hyadengruppe. Die über ein ansehnliches Areal grob zerstreute Sterngruppe der Hyaden ist von Carl W. Wirtz am 6-zolligen Heliometer der Bonner Sternwarte in den Jahren 1898 und 1899 trigonometrisch vermessen worden.[2]) Diese Gruppe wurde zu einer genauen Vermessung gewählt, weil sowohl die bemerkenswerte Übereinstimmung der Eigenbewegungen ihrer meisten

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 1893. 12. p. 689 und Annals of the astronomical observatory of Harvard College 26. p. 213.

[2]) Astron. Nachr. No. 3818—4819.

Glieder lehrt, dass diese ein kosmisches System höherer Ordnung bilden, als auch, weil die Helligkeit und grosse Winkelentfernung der Sterne es wahrscheinlich macht, dass jenes System von unserem Standpunkte im Raume nicht weit abliegt, so dass es eine besondere Aufmerksamkeit wohl verdient.

Die in Bonn ausgeführte Triangulation bedeckt etwa 20 Quadratgrad mit Durchmessern von 6°, also ein Stück der Sphäre, das zu den grössten bisher heliometrisch durchbeobachteten gehört; die Durchschnittsgrösse der gemessenen Abstände liegt bei 4000″, ist also recht erheblich, und eben darum war es auch von vorherein nicht zweifelhaft, dass der Lösung der Aufgabe aus der Art des alten Instrumentes Schwierigkeiten erwachsen würden, deren völlige Überwindung sich nicht verbürgen liesse.

Der Plan der Arbeit wurde, gemäss der beschränkten Bedeutung, die dem Heliometer heute noch am Fixsternhimmel zukommt, so abgegrenzt, dass in ein von achtzehn am Repsoldschen Meridiankreise zu Bonn scharf bestimmten Hauptsternen gebildetes Netz erster Ordnung nur so viele weitere Sterne eingemessen wurden, dass auf einem Felde von je 80 Bogenminuten im Quadrate mindestens drei günstig verteilte Sterne unterhalb der 5. Grössenklasse vorkamen. Hierbei lag der Gedanke zu Grunde, dass am neuen Bonner photographischen Refraktor, der die angegebene Plattengrösse besitzt, später einmal eine Detailvermessung vorgenommen werden könnte, deren Skelett dann wieder die Triangulation am Heliometer bilden würde.

Der Beobachter teilt in seiner Abhandlung als nötige Details über das Instrument und die Untersuchung desselben zum Zwecke der vorgesetzten Messungen, sowie über Genauigkeit der Messungen selbst, die Triangulation, die Ableitung der Distanzen u. s. w. mit. Die Arbeitsliste erstreckt sich über 69 Sterne, nämlich alle Sterne der BD. bis zur Grösse 8.0 und einige schwächere, die teils dem Zwecke der vorteilhaftern Gestaltung des Netzes dienen, teils aufgenommen sind, um für eine photographische Detailvermessung die Zahl der Anhaltssterne zu vervollständigen. Die angenommenen Grenzen der Gruppe umschliessen das bekannte V und ausserdem einen $1\,{}^1/_2{}^0$ breiten Streifen südlich davon. Nach ihrem Range innerhalb der Vermessung zerfallen die Sterne in 2 Klassen, deren erste repräsentiert wird durch die achtzehn am Repsoldschen Meridiankreise der Bonner Sternwarte festgelegten Hauptsterne, die ihrerseits durch sämtliche 30 dem Heliometer erreichbaren Abstände verbunden sind. Die Hauptsterne bilden das Netz erster Ordnung. Die 51 übrigen Sterne gehören dem aus 160 Distanzen bestehenden Netze zweiter Ordnung an und sind durch Anschluss an drei oder seltener vier Hauptsterne bestimmt. Das Ergebnis der umfassenden Arbeit von Wirtz gipfelt in dem nachfolgenden Kataloge, über dessen Begründung bezüglich der Eigenbewegungen. der Präzessionen und ihrer Säkularvariation die Originalabhandlung zu vergleichen ist.

No.	Star	Mag.	h	m	s			°	′	″				
21	[illegible] Tauri	[illegible]	4	18	[illegible]	[illegible]	+0.0117	17	12	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
22	14°693	8.0	4	18	32.643	+3.3857	+0.0108	14	31	34.77	+8.590	−0.450	—	—
23	16.591	7.5	4	18	37.141	+3.4386	+0.0116	16	50	51.15	+8.584	−0.457	—	—
24	**18.633**	**6.3**	**4**	**19**	**7.347**	**+3.4847**	**+0.0122**	**18**	**48**	**43.67**	**+8.544**	**−0.463**	**+0.0070**	**−0.041**
25	68 Tauri	4.6	4	19	42.132	+3.4592	+0.0118	17	41	57.22	+8.498	−0.461	+0.0088	−0.024
26	70 Tauri	6.7	4	19	54.679	+3.4135	+0.0111	15	42	44.68	+8.481	−0.455	+0.0087	−0.030
27	18°636	7.8	4	20	2.245	+3.4813	+0.0121	18	38	10.61	+8.472	−0.464	—	—
28	17.722	7.9	4	20	7.716	+3.4483	+0.0116	17	13	9.04	+8.464	−0.460	—	—
29	15.624	7.9	4	20	24.163	+3.4044	+0.0109	15	17	48.30	+8.442	−0.454	+0.0080	−0.024
30	**71 Tauri**	**4.8**	**4**	**20**	**38.829**	**+3.4067**	**+0.0109**	**15**	**23**	**28.32**	**+8.423**	**−0.455**	**+0.0067**	**−0.014**
31	16°600	8.0	4	20	46.590	+3.4421	+0.0114	16	55	40.35	+8.413	−0.460	—	—
32	**π Tauri**	**5.0**	**4**	**20**	**57.291**	**+3.3864**	**+0.0106**	**14**	**29**	**15.25**	**+8.399**	**−0.452**	**−0.0008**	**−0.028**
33	16°602	7.0	4	21	6.445	+3.4395	+0.0114	16	48	12.75	+8.386	−0.460	+0.008	−0.05
34	Σ 546	8.0	4	21	10.567	+3.4884	+0.0121	18	53	42.11	+8.381	−0.466	+0.0065	−0.126



35	Σ 545	7.8	4h 21m 17s.614	+3s.4000	+0s.0117	17° 58′ 54″.59	+8″.372	−0″.463	—	—
36	15°627	7.9	4 21 53.954	+3.4080	+0.0108	15 21 53.62	+8.324	−0.456	—	—
37	75 Tauri	5.2	4 22 43.328	+3.4252	+0.0110	16 8 9.76	+8.258	−0.450	−0.0009	+0.087
38	76 Tauri	6.2	4 22 43.831	+3.3882	+0.0105	14 31 6.02	+8.258	−0.454	—	—
39	ε Tauri	3.9	4 22 46.557	+3.4912	+0.0120	18 57 31.24	+8.254	−0.468	+0.0069	−0.031
40	θ¹ Tauri	4.0	4 22 51.643	+3.4162	+0.0109	15 44 24.33	+8.247	−0.458	+0.0048	−0.015
41	θ² Tauri	3.8	4 22 57.098	+3.4141	+0.0108	15 38 56.45	+8.240	−0.458	+0.0064	−0.008
42	16°608	8.2	4 23 2.325	+3.4470	+0.0113	17 3 50.79	+8.238	−0.462	—	—
43	15.633	6.8	4 23 16.428	+3.4209	+0,0109	15 56 16.89	+8.214	−0.459	+0.0007	−0.024
44	17.731	7.2	4 23 33.840	+3.4534	+0.0113	17 19 29.82	+8.191	−0.464	—	—
45	17.732	7.2	4 23 42.968	+3.4609	+0.0114	17 38 35.98	+8.179	−0.465	—	—
46	80 Tauri	6.0	4 24 26.363	+3.4090	+0.0108	15 25 10.27	+8.121	−0.459	+0.0050	−0.004
47	15°637	5.0	4 24 50.094	+3.4229	+0.0108	15 58 35.04	+8.089	−0.461	+0.0055	−0.022
48	81 Tauri	5.7	4 24 56.545	+3:4115	+0.0106	15 28 28.61	+8.081	−0.459	+0.0089	−0.018
49	83 Tauri	5.6	4 24 59.488	+3.3666	+0.0100	13 30 24.66	+8.077	−0.458	+0.0062	−0.020
50	15°640	6.9	4 25 3.350	+3.4220	+0.0108	15 55 54.39	+8.072	−0.461	+0.006	−0.02
51	84 Tauri	6.5	4 25 26.587	+3.3983	+0.0104	14 53 22.06	+8.041	−0.458	—	—
52	14°712	8.5	4 25 31.835	+3.3889	+0.0103	14 28 22.35	+8.034	−0.457	—	—
53	16.614	9.0	4 26 3.037	+3.4474	+0.0110	16 59 35.66	+7.991	−0.465	—	—
54	85 Tauri	6.3	4 26 9.035	+3.4160	+0.0106	15 38 11.57	+7.984	−0.461	+0.0058	−0.028
55	Σ 559 med.	6.5	4 27 45.565	+3.4678	+0.0111	17 48 20.28	+7.854	−0.469	+0.0028	−0.026
56	10°621	6.9	4 27 54.668	+3.4282	+0.0106	16 6 44.74	+7.842	−0.464	−0.0004	−0.026
57	ϱ Tauri	4.9	4 28 10.804	+3.3941	+0.0101	14 38 3.06	+7.821	−0.460	+0.0060	−0.024
58	15.651	8.1	4 28 53.127	+3.4099	+0.0104	15 17 45.98	+7.764	−0.463	—	—
59	17.751	8.0	4 28 54.984	+3.4624	+0.0110	17 32 24.44	+7.761	−0.469	—	—
60	16.624	7.4	4 29 13.637	+3.4448	+0.0107	16 47 18.62	+7.736	−0.467	+0.0015	−0.009
61	16.625	7.0	4 29 16.963	+3.4497	+0.0108	16 59 34.92	+7.731	−0.468	+0.0005	−0.014
62	15.653	8.0	4 29 50.647	+3:4253	+0.0104	15 56 19.41	+7.686	−0.465	—	—
63	α Tauri	1.2	4 30 10.875	+3.4342	+0.0105	16 18 30.09	+7.659	−0.467	+0.0036	−0.181
64	15.656	6.9	4 30 57.568	+3.4197	+0.0102	15 39 55.41	+7.596	−0.465	—	—
65	14.726	7.6	4 31 13.655	+3.4057	+0.0100	15 3 28.84	+7.574	−0.464	—	—
66	15.657	8.3	4 31 27.282	+3.4217	+0.0102	15 44 16.87	+7.556	−0.466	—	—
67	89 Tauri	6.1	4 32 25.800	+3.4244	+0.0101	15 49 58.50	+7.476	−0.467	+0.0054	−0.011
68	σ¹ Tauri	5.3	4 33 26.518	+3.4197	+0.0100	15 36 10.41	+7.394	−0.467	+0.0009	−0.066
69	σ² Tauri	4.9	4 33 33.192	+3.4225	+0.0100	15 53 11.81	+7.385	−0.468	+0.0050	−0.022

Die Bewegung des Orionnebels in der Gesichtslinie zur Erde. Neue Untersuchungen über diese Bewegung sind auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam angestellt worden, und Prof. H. C. Vogel hat darüber der Preuss. Akad. der Wiss. in Berlin berichtet. Diesem Bericht [1]) ist folgendes entnommen:

»Mit Hilfe des grossen Doppelrefraktors des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam hat Dr. Hartmann Aufnahmen der Spektra von einigen planetarischen Nebeln unter Anwendung stärkerer Zerstreuung gemacht. [2]) Angeregt durch diese Beobachtungen, versuchte Dr. Eberhard mit unserem photographischen Refraktor von 32.5 *cm* Öffnung und 3.4 *m* Brennweite, der ihm seit mehr als einem Jahre zur Ausführung spektrographischer Beobachtungen behufs Bewegungsbestimmungen an Sternen überwiesen worden ist, auch das Spektrum des Orionnebels aufzunehmen. Für ausgedehntere Objekte, wie der Orionnebel, ist das Instrument infolge des grössern Verhältnisses zwischen Öffnung und Brennweite und der damit in Verbindung stehenden grössern Intensität der Flächeneinheit des Brennpunktbildes dem grossen Refraktor überlegen. Da das für chemische Strahlen achromatisierte Objektiv dieses Instrumentes aber keine Korrektionslinse besitzt wie das Objektiv des grossen Refraktors von 80 *cm* Öffnung, durch die dasselbe in ein Objektiv verwandelt wird, welches die optischen Strahlen gut vereinigt, musste allerdings von vornherein darauf verzichtet werden, die beiden im Grün gelegenen hellsten Linien des Nebelspektrums (λ 5007 und λ 4959), sowie die Wasserstofflinie H β zu erhalten, durch die Spektralaufnahme konnte vielmehr nur die 4. Linie des Nebelspektrums, die Wasserstofflinie H γ fixiert werden.

Der erste Versuch gelang Dr. Eberhard am 23. November des vorigen Jahres. Mit dem Spektrographen IV mit 3 Prismen hatte sich bei einer Expositionszeit von 180 Minuten die H γ-Linie des Nebelspektrums sehr deutlich abgebildet. Beiläufig erwähne ich hierbei, dass die bei so langen Expositionen unausbleiblichen Temperaturänderungen keinen schädlichen Einfluss ausüben können, da es durch die elektrische Heizvorrichtung, die der Apparat besitzt, ohne Mühe gelingt, die Temperatur im Prismengehäuse mehrere Stunden hindurch innerhalb eines Zehntelgrades konstant zu erhalten.

Leider war es durch die Ungunst der Witterung erst am 31. Januar 1902 möglich, eine 2. Aufnahme zu erhalten, und bisher konnten im ganzen nur an 9 Abenden Beobachtungen ausgeführt werden, von denen sechs als gelungen zu bezeichnen sind.

Prof. Vogel teilt zunächst die Resultate der Messungen mit, welche von ihm und Dr. Eberhard unabhängig voneinander mit verschiedenen Messapparaten ausgeführt worden sind. Sie beziehen

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. der Wiss. Berlin 1902. p. 259.
[2]) a. a. O. 1902. p. 237 ff.

sich auf ein Stück der Hγ-Linie, das von dem Lichte herrührt, welches von einer in der Nähe des bekannten Trapezes gelegenen Stelle des Nebels ausgeht. Es ist das ungefähr dieselbe Stelle, auf welche sich die in den Jahren 1890 und 1891 von Prof. J. E. Keeler[1]) mit dem grossen Refraktor des Lickobservatoriums am Orionnebel ausgeführten direkten spektroskopischen Geschwindigkeitsmessungen bezogen. Die Potsdamer Aufnahmen ergeben nun als Geschwindigkeit des Nebels relativ zur Sonne nach Vogel im Mittel + 17.5, nach Eberhard im Mittel + 17.3 *km* pro Sekunde.

Die Beobachtungen sind wie bei den Sternspektren so angestellt worden, dass vor und nach der Exposition auf den Nebel zwei $^1/_8$ *mm* breite Vergleichsspektra (Fe) in einem Abstande von $^1/_8$ *mm* aufkopiert wurden. Die Nebellinie Hγ wurde aber durch Wegklappen der vor dem Spalte des Spektrographen befindlichen Blende, durch welche die Vergleichsspektra abgegrenzt werden, in ihrer ganzen Länge erhalten. Sie erschien also nicht nur in dem $^1/_8$ *mm* breiten Zwischenraume zwischen den Vergleichsspektren, sondern durchsetzte sie und erstreckte sich zu beiden Seiten derselben. Dr. Eberhard hatte diese Anordnung getroffen, um etwaige Ungleichmässigkeiten in Bezug auf Lage oder Intensität der Hγ-Linie gleichzeitig zu erhalten. Die Linie erschien bei guten Aufnahmen 2—2.5 *mm* lang entsprechend 2'. Prof. Vogel wähnt, dass der Nebel bei der Exposition so genau gehalten wurde, dass eine Übereinanderlagerung verschiedener Teile möglichst ausgeschlossen war, und dass die auf 2 Platten befindlichen Spektra von Sternen im Nebel linienartig erscheinen. Die Messungen bezogen sich aber für die obenstehenden Beobachtungen nur auf das kleine Stück der Linie zwischen den Vergleichsspektren; es entspricht dasselbe einer dem Sterne ϑ^1 Orionis etwas vorausgehenden Stelle im Nebel.

»Die oben mitgeteilten Beobachtungen«, sagt Prof. Vogel, »geben eine recht schöne Bestätigung der Keelerschen Geschwindigkeitsmessungen am Orionnebel und sind deshalb von grösserer Bedeutung, weil gerade die Messungen am Orionnebel die Grundlage für die klassischen Untersuchungen Keelers über die Bewegung von vierzehn hellern Nebeln bilden. Die Beobachtungen an der Wasserstofflinie Hβ im Orionnebel setzten Keeler in den Stand, die Wellenlängen der bis dahin nur angenähert bekannten hellsten Linien im Nebelspektrum (λ 5007 und λ 4959) sehr sicher zu bestimmen und auf diese, besonders auf die erste (λ 5007), dann alle weitern Messungen zu begründen.«

Die Keelerschen Beobachtungen über die Bewegung des Orionnebels, basiert auf die Verschiebung der Hβ-Linie, ergaben im Mittel als Geschwindigkeit relativ zur Sonne: + 17.7 ± 1.28 *km*.

---

[1]) Publication of the Lickobservatory 3. 1894.

Die H γ-Linie des Nebelspektrums war bei einigen Aufnahmen von ungleicher Intensität; sie erschien dort, wo sie die Vergleichsspektra durchsetzte, etwas intensiver und breiter als zwischen den Vergleichsspektren, was nach Prof. Vogel seinen Grund in einer geringen Vorbelichtung der Schicht durch die Spuren kontinuierlichen Spektrums im Vergleichsspektrum hat. »Die Linie war im untern Spektrum (wenn das Violett rechts war) jedoch ausgesprochen intensiver als im obern, auch ausserhalb des Vergleichsspektrums weiter nach unten. Die grösste Intensität der Wasserstofflinie, also wohl auch des von dem Spalte ausgeschnittenen Streifens des Nebels, lag 0.6′ von dem Sterne ϑ^1 entfernt, und zwar im Parallel vorausgehend oder im Positionswinkel 270°. Die Linie H γ macht nun auf diesen Platten den Eindruck, als wenn sie schief gegen die Längsausdehnung der Vergleichsspektra stände, oder als wenn ihr Scheitelpunkt (die Spektrallinien sind sehr merklich gekrümmt) nicht zwischen den Vergleichsspektren, sondern im obern Spektrum gelegen wäre. Eine optische Täuschung«, fährt Prof. Vogel fort, »ist ausgeschlossen; die Verschiebungsmessungen im untern Vergleichsspektrum und im obern Spektrum, die zahlreich von mir und Dr. Eberhard unabhängig ausgeführt wurden, weichen um einen Betrag ab, der einem Bewegungsunterschiede von etwa 6 *km* entspricht. Es würde aus den Beobachtungen zu folgern sein, dass die Nebelmaterie an der intensivsten Stelle, dem Sterne ϑ^1 0.6′ voraus, relativ gegen die Nebelpartien in nächster Nähe des Sternes ϑ^1 sich um 5—6 *km* auf den Beobachter zu bewegt.« Spätere Aufnahmen haben diesen Schluss bestätigt.

Keeler hatte schon Versuche gemacht, relative Bewegungen in verschiedenen Teilen des Orionnebels aufzufinden. Er kam zu dem Resultate, dass Verschiebungen durch relative Bewegungen im Nebel, die 18 miles (21 *km*) in der Sekunde entsprächen, deutlich hätten erkannt werden müssen, und dass in den hellern Partien des Nebels sogar Verschiebungen von einem Drittel dieses Betrages wohl entdeckt worden wären. Ferner hat er versucht, eine Rotation des Nebels G. C. 2102 aufzufinden, hält es aber für zweifelhaft, ob eine kleinere Geschwindigkeit als 7—8 miles (11—16 *km*) mit seinen Hilfsmitteln hätte gefunden werden können, ganz abgesehen davon, dass es wohl unwahrscheinlich sei, dass ein Nebel so starke rotatorische Bewegung haben sollte.

Die von Prof. Vogel gegebene Deutung der oben beschriebenen, in Potsdam beobachteten Deformationen und Anomalien der H γ-Linie im Spektrum des Orionnebels als Folge relativer Bewegung der Nebelmaterie wird durch die Bemerkungen Keelers nicht ausgeschlossen, da die in Potsdam gefundenen Bewegungsänderungen meist unter der für Keeler erreichbaren Grenze der Wahrnehmung liegen.

Spektrographische Geschwindigkeitsmessungen an Gasnebeln hat Dr. Hartmann auf dem Astrophysikalischen Observatorium

in Potsdam ausgeführt.[1]) Die Linienspektra von Gasnebeln sind schon häufig photographisch aufgenommen worden, jedoch hat man bisher noch nicht den Versuch gemacht, diese Aufnahmen zur exakten Messung der Bewegung in der Gesichtslinie zu verwenden. Es mag dies seinen Grund darin haben, dass die betreffenden Spektrogramme entweder ohne nebengelagertes Vergleichsspektrum aufgenommen wurden, oder dass der Massstab der Aufnahmen für die Gewinnung genauer Resultate zu klein war. Die epochemachende Arbeit Keelers [2]) hat zwar für vierzehn hellere Nebel, die ein Gasspektrum zeigen, schon verhältnismässig genaue Werte der Geschwindigkeiten festgelegt; allein wer die Schwierigkeit dieser auf optischem Wege ausgeführten Messungen kennt, wird zugeben müssen, dass durch Anwendung der modernen spektrographischen Methoden auch hier eine ganz wesentliche Steigerung der Genauigkeit zu erreichen sein muss. Dies hält Dr. Hartmann mit Recht für ausserordentlich wichtig; »denn,« sagt er, »gelingt es, an Nebeln Geschwindigkeitsmessungen mit einer Fehlergrenze von wenigen Zehntelkilometern auszuführen, so ist mit Bestimmtheit zu erwarten, dass man innerhalb jedes einzelnen dieser Objekte relative Bewegungen auffinden wird, deren eingehendes Studium von grundlegender Bedeutung für die Kenntnis dieser Systeme, sowie für unsere kosmogonischen Vorstellungen ist.«

Eine gelegentliche Aufnahme des planetarischen Nebels G. C. 4390, [3]) die Dr. Hartmann mit dem photographischen 80 *cm*-Refraktor machte, ergab bereits bei einer Belichtung von 15 Minuten ein sehr kräftiges Bild dieses Objektes, und dies brachte ihn auf den Gedanken, dass es schon mit den vorhandenen Sternspektrographen möglich sein müsse, wenigstens von den hellsten Nebeln Spektralaufnahmen zu erhalten.

Zu seinen Versuchen hat Dr. Hartmann die beiden für den 80 *cm*-Refraktor konstruierten Spektrographen No. I und No. III benutzt. Der Apparat I ist wegen der geringen Dispersion und der langen Kamera für die Nebelaufnahmen ungeeignet, derselbe hat jedoch den Vorzug, dass er die ganze Strecke des Spektrums zwischen den Wellenlängen λ 3600—λ 5900 scharf abbildet, und hat daher die gleichzeitige Aufnahme der Linie Hγ mit den grünen Nebellinien ermöglicht. Der Apparat III ist in der Form, wie Dr. Hartmann ihn benutzt hat, zur Aufnahme der Nebelspektra schon besser geeignet. Die Kamera, deren Objektiv immer nur eine kurze Strecke des Spektrums scharf zeichnet, hat Dr. Hartmann so eingestellt, dass die Gruppe der Eisenlinien von λ 4860—λ 5006,

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. d. Wiss. 1902. p. 237.

[2]) J. E. Keeler, Spectroscopic Observations of Nebulae. Publications of the Lickobservatory 3. 1894. (Wiedergegeben im Sirius 1895. p. 10 und 37.)

[3]) im Ophiuchus, N. G. K. 6572.

die als Vergleichsspektrum für die drei hellsten Nebellinien sehr geeignet ist, in der Mitte der Platte völlig scharf abgebildet wurde. Mit diesen beiden Apparaten hat Dr. Hartmann unter Mitwirkung von Dr. Ludendorff an 4 Gasnebeln Aufnahmen ausgeführt, nämlich 3 Aufnahmen des Nebels G.C, 4390, 2 Aufnahmen des Nebels G. C. 4373 (im Drachen) und eine Aufnahme des Nebels N. G. C. 7027 (im Schwan).

Als Vergleichsspektrum diente das Bogenspektrum des Eisens unter Zwischenschaltung einer Mattscheibe, und es wurden folgende Wellenlängen (nach Rowlands Sonnenspektrum) angenommen: 4294.30, 4315.26, 4337.22, 4352.91, 4376.11, 4736.96, 4859.93, 4878.41, 4903.50, 4920.68, 4957.67 (Doppellinie), 5006.12.

Jede Platte wurde viermal ausgemessen. Um die beste Platte (III 392) gehörig auszuwerten, hat Dr. Hartmann für dieselbe eine achtmalige Ausmessung des Spektrums durchgeführt. Diese beiden Messungsreihen wurden im folgenden als III 392 a und III 392 b bezeichnet. Es ergaben sich folgende Wellenlängen der auf jeder Platte gemessenen Linien N_1, N_2, $H\beta$ und $H\gamma$:

Platte	N_1	N_2	$H\beta$	$H\gamma$
I 120	5007.36			
I 123	5007.25	4959.34	4861.71	4340.86
I 127	5006.10	4958.26	4860.58	4339.65
I 144	5007.44	4959.58		
III 389	5005.89			
III 390	5007.30	4959.46	4861.79	
III 392 a	5007.31	4959.42	4861.79	
III 392 b	5007.27	4959.43	4861.76	

Diese Wellenlängen hat Dr. Hartmann in folgender Weise benutzt: Zuerst wurde aus den Messungen der Wasserstofflinien $H\beta$ und $H\gamma$ auf den Platten I 123, III 390, III 392 a und III 392 b die Geschwindigkeit des Nebels G. C. 4390 abgeleitet. Mit der so gefundenen Geschwindigkeit wurden dann die Wellenlängen der Linien N_1 und N_2 bestimmt, und mit diesen Wellenlängen ergaben sich dann endlich die Geschwindigkeiten aus sämtlichen Zahlen.

Aus den Wasserstofflinien erhält Dr. Hartmann als Geschwindigkeit in der Gesichtslinie für den Nebel G. C. 4390 den Endwert $V = -10.75$ *km* mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0.56 *km*, während der auf 13 Beobachtungstagen beruhende Endwert, welchen Keeler für die Geschwindigkeit des Orionnebels aus den optischen Messungen der Linie $H\beta$ ableitete, noch einen wahrscheinlichen Fehler von ± 1.29 *km* besitzt. Man darf daher wohl behaupten, sagt Dr. Hartmann, dass selbst mit den bei diesen vorläufigen Versuchen von mir benutzten, durchaus nicht gerade zweckmässigen Apparaten schon die Genauigkeit der Keelerschen Messungen über-

troffen worden ist. In Verbindung mit einem für diesen besondern Zweck konstruierten Apparate würde daher das photographische Verfahren zu noch ganz wesentlich genauern Resultaten führen.

Für die relative Bewegung des in Rede stehenden Nebels gegen den Beobachter hat man nunmehr, gemäss den 3 Platten:

	I 123	III 390	III 393
Bewegung des Nebels gegen	*km*	*km*	*km*
die Sonne	—10.75	—10.75	—10.75
Bahnbewegung der Erde . .	+25.66	+25.53	+25.43
Erdrotation	+ 0.16	+ 0.18	+ 0.20
	V' +15.07	+14.96	+14.88

Das Vorzeichen + bedeutet, dass der Nebel sich von der Erde entfernt, während durch — eine Annäherung bezeichnet wird. Für diese 3 Geschwindigkeiten ergiebt sich die Korrektion der Wellenlänge der beiden Nebellinien N_1 und N_2 zu — 0.25; aus den in obiger Tabelle aufgeführten scheinbaren Wellenlängen erhält man daher die folgenden wahren, vom Einflusse der Bewegung befreiten Werte:

Platte	N_1	N_2
I 123	5007.00 (1/2)	4959.09 (1/2)
III 390	5007.05	4959.21
III 392a	5007.06	4959.17
III 392b	5007.02	4959.18
Mittel	5007.04	4959.17

Auch hier ist die Übereinstimmung der unabhängig voneinander gefundenen Zahlen so gut, dass die Mittelwerte trotz des geringen Beobachtungsmateriales Vertrauen verdienen.

»Die von mir gefundene Wellenlänge der Hauptnebellinie N_1,« fährt Dr. Hartmann fort, »stimmt fast vollkommen mit dem von Keeler aus seinen Beobachtungen des Orionnebels abgeleiteten Werte $\lambda = 5007.05 \pm 0.03$ überein. Dagegen finde ich die Wellenlänge der 2. Linie merklich grösser als Keeler, der dafür den Wert 4959.02 ± 0.04 giebt. Dieser Wert beruht auf 5 Vergleichungen der Nebellinie mit der Doppellinie λ 4957.480 und λ 4957.785 des Eisenspektrums. Keeler sah bei seinen Beobachtungen dieses Linienpaar nicht getrennt, und er benutzte daher als Wellenlänge für seine Vergleichslinie das arithmetische Mittel 4957.63. In Rowlands Sonnenspektrum haben die beiden Linien die Intensitäten 5 und 8; bildet man mit Benutzung dieser Intensitäten als Gewichten das Mittel, so erhält man für die Wellenlänge der durch Verschmelzung beider entstandenen Linie den Wert 4957.67, welchen ich bei meiner Rechnung angenommen habe. Durch Benutzung dieses Wertes würde Keelers Wellenlänge der 2. Nebellinie übergehen in 4959.06, ein Wert, der immer noch 0.11 von meinem Resultate abweicht.«

Da Keeler nicht das Spektrum des Bogens, sondern das des Funkens angewandt hat, so vermutete Dr. Hartmann, dass der Inten-

sitätsunterschied der Linien im Funkenspektrum ein anderer sein könne. Dies hat sich in Versuchen, die er anstellte, völlig bestätigt. Im Funken, der durch einen grossen Induktionsapparat und zwei Leidener Flaschen erzeugt wurde, war die Linie 4957.480 so schwach, dass sie neben der Hauptlinie kaum zu sehen war. Bei dem weniger hellen Funken, den Keeler für sein Vergleichsspektrum benutzt hat, ist es darnach sehr wahrscheinlich, dass er überhaupt nur die Linie 4957.785 gesehen und an diese die Nebellinie angeschlossen hat. Nimmt man aber für Keelers Vergleichslinie die Wellenlänge 4957.78 statt 4957.63 an, so erhält man für die 2. Nebellinie nach Keelers Messungen die Wellenlänge 4959.17; dieser Wert stimmt genau mit Dr. Hartmanns Resultat überein.

Unter Benutzung der von ihm abgeleiteten Wellenlängen von N_1 und N_2 erhält nun Dr. Hartmann für die Geschwindigkeiten (V) der Nebel G. C. 4390, 4373 und N. G. C 7027 folgende Mittelwerte:

Nebel	Platte	V nach Hartmann	V nach Keeler
		km	
G. C. 4390 Rand	I 120	— 6.7	
Mitte	I 123	—13.3 (1/2)	
	III 390	— 9.3	
	III 392a	— 9.8	
	III 392b	—11.0	*km*
	Mittel	—10.5	— 9.7
G. C. 4373 Mitte	I 127	—59.5 (1/2)	
Rand	III 389	—69.0	
	Mittel	—65.8	—64.7
N. G. C. 7027 Mitte	I 144	+ 4.9	+10.1

»Ob,« sagt Dr. Hartmann, »der geringe Unterschied, den ich für den Rand und die Mitte der Nebel G. C. 4390 und G. C. 4373 gefunden habe, auf relative Bewegungen in diesen Nebeln zurückzuführen ist, möchte ich nach den über die Genauigkeitsgrenze der mit Apparat I gemachten Aufnahmen noch nicht mit Sicherheit behaupten. Wichtiger erscheint mir der Umstand, dass auf fast allen Aufnahmen des Nebels G. C. 4390 die Linien eine schwache Krümmung, sowie eine geringe Neigung gegen die Richtung der Linien des Vergleichsspektrums besitzen, wodurch mir das Vorhandensein relativer Bewegungen in diesem Nebel sehr wahrscheinlich geworden ist. Wegen des Verschwindens des Objektes in der Abenddämmerung war es mir bis jetzt nicht möglich, Gewissheit über diese Frage zu erlangen. Ich hoffe jedoch, dass es mir mit speziell für diesen Zweck konstruierten Spektrographen gelingen wird, die hier angedeuteten Untersuchungen mit Erfolg weiter zu führen. Auf Veranlassung des Geh.-Rat Vogel, der den kleinern photographischen Refraktor des Observatoriums wegen des grössern Verhältnisses von Öffnung

zu Brennweite für geeigneter zur Untersuchung der Spektra ausgedehnter Nebel hielt, hat im November vorigen Jahres Dr. Eberhard mit diesem Instrumente Aufnahmen des Spektrums des Orionnebels begonnen, die in Bezug auf die Nachweisung relativer Bewegungen im Nebel zu Resultaten von grösserer Sicherheit geführt haben.

Beobachtungen über das Aussehen der Milchstrasse bei Betrachtung mit blossem Auge hat T. W. Backhouse angestellt.[1]) Er bestimmte dabei hauptsächlich die Lage der hellern Flecke und Striche im Zuge der Milchstrasse unter den Sternen. Dass auch dunkle Stellen in der Milchstrasse nördlich vom Äquator vorkommen, bezeugt die Region zwischen α Cygni und Cepheus, sowie die dunkle Stelle zwischen β und ι Tauri. Der Beobachter glaubt, dass die Annahme, diese dunklen Stellen seien durch eine nicht leuchtende oder schwach schimmernde Nebelmatrie hervorgerufen, nicht gerade zu verwerfen sei.

---

[1]) Publications of the West Hendon House Observatory, Sunderland 1902. No. 2.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Über das Alter der Erde seit der Bildung ihrer festen Oberfläche verbreitete sich neuerdings wieder Lord Kelvin.[1]) Als Minimum hatte er 20 Millionen Jahre angenommen, da bei einem geringern Alter die Erdwärme jetzt grösser sein müsste, als es der Fall ist. Das früher gefundene Maximum von 400 Millionen Jahren ist infolge der jetzt auf experimentellem Wege gefundenen Ergebnisse über das thermische Verhalten der Gesteine auf 40 Millionen reduziert, so dass man guten Grund zu der Behauptung hat, dass das Alter der Erde zwischen 20 und 40 Millionen Jahren liegt. Berücksichtigt man die Resultate, zu denen C. Barus bei seinen Experimenten über das physikalische Verhalten der Gesteine bei hohen Temperaturen gekommen ist, so kann man sagen, dass das Erdalter nicht über 24 Millionen Jahre reicht. Aller Wahrscheinlichkeit nach war unmittelbar vor dem Erstarren der Oberfläche das Innere bis fast an die Oberfläche schon fest. Nimmt man an, dass der Erdkern mit flüssiger Lava bis zu 40 *km* tief bedeckt war, und betrug der Druck 10 000 Atmosphären in dieser Tiefe, so kann die Temperatur dieses Lavaozeans nur wenig niedriger als 1420^0 gewesen sein. Durch Ausstrahlung in den Raum würde nach den Berechnungen des Verfassers der 40 *km* tiefe Lavasee in 12 Jahren erstarrt sein. Nach einer kurzen Darlegung der Art, wie sich wahrscheinlich die Granite und Basalte gebildet haben, folgt eine Auseinandersetzung über den Vorgang bei der Differenzierung der Erdoberfläche in Kontinente und Ozeane. Die Entstehung von Unregelmässigkeiten ist in erster Linie durch die Heterogenität in verschiedenen Teilen der Flüssigkeit bedingt gewesen, welche die Erde vor der Erstarrung bildete. War aber einmal über grosse Flächen die Lava erstarrt, während an andern Stellen noch ein ca. 40 *km* tiefes Lavameer lag, so war auch dieses nach den obigen Annahmen in etwa 12 Jahren ausgefüllt. Die mit dem Erstarren verbundene Kontraktion muss die Niveauunterschiede weiterhin ver-

---

[1]) Phil. Mag. 47. p. 66, Auszug daraus Petermanns Mitt., Litteraturbericht von Rudolph 1902. No. 15, woraus oben der Text.

stärkt haben. Die Dicke der ganz festen Rinde nahm anfangs mit grosser Geschwindigkeit zu, so dass sie im Laufe von 3—4 Tagen etwa 1 *m* dick war. Nach einem Jahre betrug die Dicke 10 *m*, nach 100 Jahren war sie zehnmal, nach 25 Millionen Jahren 5000 mal so dick als nach einem Jahre. Wenn diese Zahlen auch nur eine Vorstellung von dem Verlaufe des Erstarrens vermitteln sollen, so weichen sie doch nach dem Verfasser nicht sehr von der Wahrheit ab. Die Temperatur, bis auf welche die Erdoberfläche in wenigen Jahren, nachdem die Erstarrung sie erreicht hatte, abkühlte, muss eine solche gewesen sein, dass die Temperatur, bei welcher in der Nacht Wärme in den Raum ausstrahlte, diejenige, welche während des Tages von der Sonne empfangen wurde, um die kleine Differenz übertrifft, welche von der von innen nach aussen geleiteten Wärme herrührt. Ohne auf die Frage nach der Beschaffenheit der Uratmosphäre näher einzugehen, sucht der Verfasser nachzuweisen, woher der Stickstoff, Sauerstoff und die Kohlensäure der Atmosphäre stammen. Es ist ganz sicher, dass Stickstoff, Kohlensäure und Dampf vor der anfänglichen Erstarrung aus der granitischen Mutterflüssigkeit in Blasen entwichen sind und ebenso später bei Eruptionen basaltischer Laven; denn alle bisher untersuchten Granite und Basalte haben in kleinen Hohlräumen grosse Mengen von Stickstoff, Kohlensäure und Wasser kondensiert enthalten, dagegen keinen freien Sauerstoff. Wenn auch nicht wahrscheinlich, so ist es doch möglich, dass in der Uratmosphäre freier Sauerstoff vorhanden war. Aber, ob mit oder ohne Sauerstoff, sobald das Sonnenlicht vorhanden war, können wir die Erde als geeignet für ein Pflanzenleben, wie es jetzt in einigen Arten bekannt ist, betrachten überall da, wo Wasser die Rinde befeuchtete, ein oder 2 Jahre, nachdem die Erstarrung der ursprünglichen Lava die Oberfläche erreicht hatte. Der dicke, zähe, samtartige Überzug lebender Pflanzen, welcher unter warmem Wasser ohne Zuthun der Atmosphäre gedeiht, bezieht aus dem Wasser und der Kohlensäure oder den im Wasser gelöst vorhandenen Karbonaten den Wasserstoff und Kohlenstoff zum Wachstume; den freien Sauerstoff überlässt er dem Wasser, aus dem er schliesslich in die Atmosphäre übergeht. Solche Vegetation findet sich in Banff (Canada) und im Yellowstone National Park. Vor dem Ende des Jahrhunderts musste bei hinreichendem Sonnenscheine, Sonnenwärme und Regen die ganze Erde, soweit sie nicht unter Wasser stand, für alle Arten von Landpflanzen, welche nicht viel Sauerstoff in der Luft verlangen, geeignet gewesen sein. Wenn hingegen in der Uratmosphäre oder dem Urozeane kein freier Sauerstoff war, dann mussten Tausende und Hunderttausende von Jahren verstreichen, bis genug Sauerstoff für das Tierleben vorhanden war. Eine andere Frage ist, ob die Sonne schon genügend Wärme spendete. War die Erstarrung der Erde vor 20—25 Millionen Jahren beendet, so war die Sonne wahrscheinlich bereit, doch vielleicht nicht so warm wie jetzt, aber

warm genug, um einiges Pflanzen- und Tierleben auf der Erde zu unterhalten.

Die Variation der geographischen Breiten. Hierüber sind zwei neue Abhandlungen von Dr. Chandler erschienen. In der ersten[1]) behandelt er die Bewegung des Poles während des Zeitraumes von 1890—1901 und kommt zu dem Ergebnisse, dass dieselbe aus drei voneinander unabhängigen Bewegungen zusammengesetzt ist, nämlich: 1. einer Kreisbewegung mit einer Periode von 14 Monaten, 2. einer Jahresbewegung in einer flachen Ellipse und 3. einer Bewegung in einer wenig exzentrischen Ellipse mit einer Periode von etwa 13 Monaten. In der zweiten Abhandlung erörtert Chandler die Möglichkeit noch eines weitern Gliedes in der Bewegung des Poles, das eine Periode von 15 Monaten besitzt, aber äusserst klein ist, indem es im Maximum nur 0.025" erreicht. Prof. Kimora sucht dagegen zu zeigen, dass eine Variation der Breiten in jährlicher Periode mit einer halben Amplitude von nur 0.03" bestehe, von der alle Radien in ähnlicher oder gleicher Weise betroffen werden ohne Unterschied der geographischen Länge. Diese Wirkung müsste eintreten, wenn der Schwerpunkt der Erde längs der Rotationsaxe eine jährliche Verschiebung erlitte.

Die Lotablenkungen und das Geoid in der Schweiz. Dr. B. Messerschmitt giebt im 9. Bande des grossen Werkes: »Das Schweizerische Dreiecknetz, herausgegeben von der schweizerischen geodätischen Kommission,« die Zusammenstellung der Polhöhen und Azimutmessungen und diskutiert die Ergebnisse der Ortsbestimmungen. Aus der Zusammenstellung der Lotablenkungen ergiebt sich wiederum auf das deutlichste, dass die Stellung des Lotes in dem hier behandelten Gebiete der Alpen, welches die gesamte Schweiz umfasst, stets nahe senkrecht zum Striche des Gebirges ist. »Würde man daher auf einer Karte alle Punkte mit gleich grosser Lotablenkung verbinden, so ergeben diese Linien ein Bild, das der orographischen Karte sehr ähnlich wäre. Verbindet man alle die Punkte, welche gleich grosse Störung in Breite aufweisen. so erhält man Linien, die nahe parallel zur Richtung des Gebirges verlaufen. Sie lassen besonders auffällig den verschiedenen Einfluss der beiden Gebirgsketten der Alpen und des Jura erkennen, indem, wie es ja angesichts der grössern Massen der Fall sein muss, die Anziehung der Alpen bis nahe an den Fuss des weniger mächtigen Jura reicht. Nimmt man als den wahrscheinlichsten Wert der Lotabweichung in Bern (dem Ausgangspunkte der geodätischen Vermessung) + 4".0 in Breite und + 3".0 in Länge an, so verläuft die Nulllinie, längs welcher sich die Anziehung beider Gebirge das Gleichgewicht hält, vom Genfersee aus etwas südlich von Moudon, über Payerne, Murten gegen Zürich

[1]) Astron. Journal No. 522.

hin, und zwar in einer Entfernung von etwa 12 *km* vom Fusse des Jura, dem sie nahe parallel geht. Sowohl nach Norden als nach Süden zu nimmt die Anziehung rasch zu und erreicht am Jura ihr Maximum auf der ersten Kette, bevor sie dessen Gipfel erreicht hat, wie sich besonders aus den Beobachtungen am Chaumont ergiebt, wo die astronomische Station nicht ganz am Gipfel liegt. Für letztern ergiebt die entsprechende aus den Massen berechnete relative Lotablenkung bereits einen kleinern Wert.

Nach Süden, gegen die Alpen hin, nimmt die Anziehung ähnlich wie der Anstieg des Gebirges zunächst langsam zu; mit der grössern Annäherung an das Massiv wachsen die Zahlen rascher. So beträgt sie z. B. auf Naye und Berra 14″, während in einer Entfernung von noch nicht 30 *km* gegen den Jura zu, auf den Stationen Chalet und Moudon nur 5″ und 4″ gefunden wird. In der Gegend der Berner Alpen findet man wenig nördlich von Bern, im sog. Seelande, fast keine Anziehung, infolge der beiden Gebirge, Alpen und Jura; in Bern beträgt sie etwa 4″; 30—40 *km* südlicher, im Thale ebenso wie auf der Höhe wächst die Anziehung mehr und mehr. In Spiez ergab sich in Breite 18″, am Gurnigel 21″ (Gesamtanziehung), noch südlicher, am Männlichen, in Breite allein 18″; während sie wieder nördlicher davon, also entfernter vom Zentralgebirge, am Brienzer Rothhorne nur 8″ im ganzen ist. Noch tiefer im Gebirge nimmt sie rasch ab und geht durch Null hindurch, um dann wieder stetig auf der andern Seite des Gebirges entsprechend der Entfernung von der Mitte desselben wieder zuzunehmen. Dies lässt sich am besten längs der Gotthardlinie verfolgen.

In der Gegend von Zürich herrscht nur eine geringe Anziehung, in Luzern ist sie bereits 6″; am Zugerberg in Breite allein schon fast 9″; am Rigi, auf Hammetschwand, also nur 36 *km* südlicher, dagegen schon 17″—18″. Wieder näher dem Alpenzentrum nimmt die Anziehung ab und ist wenig südlich vom St. Gotthard etwa Null. (Göschenen + 11″, Andermatt + 9″, Gotthard + 4″, Airolo + 2″, Biasca — 2″.) Entsprechend zeigt sich der gleiche Vorgang auf der Südseite der Alpen. In Biasca ist die Anziehung noch ganz gering, südlicher in Lugano z. B. beträgt sie in Breite schon gegen 17″, auf dem frei gelegenen Ausläufer der Alpen, dem Monte Generoso, beläuft sich der Gesamtbetrag immer noch auf fast 19″; am Fusse desselben, in Capolago 14″ in Breite allein; in Mailand 18″ in Breite. Weiter entfernt nimmt sie dann rasch ab.

Im Innern des Gebirges ist im einzelnen die Stellung des Lotes nicht so ausgesprochen, da dort die lokalen Verhältnisse sehr hereinspielen, was namentlich in den tief eingeschnittenen Thälern hervortritt. Anders dagegen ist es auf den frei gelegenen Stationen, besonders den Gipfeln. So findet man am Simplon eine Anziehung von 12″, welche hauptsächlich ihren Grund in der südlicher gelegenen Monte Rosa-Gruppe hat; im Rhonethale und in den südlich aus-

laufenden Thälern dagegen wird je nach der Lage Anziehung nach Norden oder Süden beobachtet.

Mehr im Osten wiederholt sich das gleiche Spiel. In der Gegend des Bodensees findet man an der Ostseite, auf dem Pfänder, eine starke Anziehung der Tyroler Alpen (13″), etwas entfernter davon auf Hohentannen, nördlich von St. Gallen, und Gäbris nur noch 6″—7″; noch entfernter auf Hörnli 2″—3″. Am nördlichen Ufer des Sees dagegen dominieren die, wenn auch wenig mächtigen Massen des Allgäus, des Hegaus und der südlichen Ausläufer der Rauhen Alp, wie unter anderem die Anziehung von fast 7″ in Hersberg, 9″ auf Hohentwiel zeigt.

Weiter westlich ist der Schwarzwald massgebend, wie die Lotabweichungen auf Egg (14″) und Achenberg (11″) zeigen, da dieses Gebirge mächtiger ist als die etwas südlicher liegenden Juraketten. In Basel, das sich in einem Thalkessel befindet, wird entsprechend seiner Lage nur eine geringe Anziehung des Jura (3″) erhalten.

Südlich von den oben genannten Punkten Gäbris und Hörnli treten wieder die Alpen in ihre Rechte ein, so zeigt sich am Säntis, dem vorgeschobenen, fast isolierten Bergmassive, schon eine Anziehung von 9″. Wieder tiefer im Gebirge selbst sind die gefundenen Zahlen im allgemeinen klein, wie die oben mitgeteilten Werte im Engadin ergeben.

Die geschilderten Verhältnisse beschränken sich jedoch nicht nur auf die Schweiz, sie gelten für das ganze Alpenmassiv, wie die Beobachtungen in den österreichischen, italienischen und französischen Teilen der Alpen ergaben, deren Anzahl allerdings bis jetzt noch nicht zahlreich genug ist, um dies ebenso im einzelnen, wie für die Schweiz, nachweisen zu können. Immer steht das Lot nahe senkrecht zum Gebirge; die Anziehung nimmt rasch mit der Annäherung an die Alpen zu, wobei Lotablenkungen bis zu etwa 30″ im Maximum beobachtet werden; in der Schweiz selbst ist nur wenig mehr als 20″ gefunden worden. Rechnet man gleichviel auf beiden Seiten der Alpen, so erhält man etwa 50″ Lotablenkung bei einer Entfernung von 100 *km*. Wenn man berücksichtigt, dass 1″ in Breite rund 31 *m* auf der Erde entsprechen, so würde aus den astronomischen Bestimmungen die Entfernung zweier nördlich und südlich gelegenen Punkte um ca. 1.5 *km*, das ist mehr als 1 $^0/_0$ anders gefunden werden, als es die direkte, geodätische Messung ergiebt.«

Die Diskussion von 5 Geoidschnitten ergiebt genügendes Material, um ein Bild der Isohypsen des Geoids in der Schweiz mit Höhenunterschieden von 0.5 *m* zu entwerfen.

»Darnach stellt das Geoid in der Schweiz in dem Gebiete zwischen Bodensee, Zürichsee bis westlich vom Sempachersee eine grosse Ebene von fast gleicher Höhe dar, welche nur im westlichen Teile eine kleine wannenartige Vertiefung aufweist, im Maximum 0,3 *m* tief. Verfolgt man das Geoid auf der schweizerischen Hoch-

ebene weiter gegen den Neuenburger- und Genfersee hin, so steigt die oben genannte Gegend allmählich an und bildet ein ziemlich breites Thal, welches in der Gegend des Neuenburgersees etwa 1.5 *m* höher ist als am Bodensee. Nach der nördlichen Seite hin, gegen den Jura und Schwarzwald, steigt das Geoid langsam an und erreicht eine Höhe, die 2 *m* nicht viel übersteigt. Etwas schneller ist die Steigung nach Süden, gegen die Alpen zu. In der Mitte derselben bildet sie einen etwa 40—50 *km* breiten Rücken, dessen Höhe 4—5 *m* über dem angenommenen Nullpunkte liegt. Im Westen, bei der Monte Rosa-Gruppe, ist die Erhebung etwas grösser (5 *m*) als mehr östlich am Gotthard (Maximum 4.8 *m*). Nach der Südseite der Alpen hin findet dann ein rascher Abfall statt, der auch in der Poebene noch anhält. In der Gegend zwischen Mailand und Como erreicht das Geoid wieder dieselbe Höhe, welche als Ausgangspunkt genommen wurde, und sinkt dann zunächst noch mehr und erreicht mindestens in seinem tiefsten Punkte 3 *m* Tiefe unter dem Ausgangspunkt. Man erkennt daraus, dass das Geoid in der Schweiz ein schwaches Spiegelbild der sichtbaren gewaltigen Bergmassen ist unter Ausserachtlassung des aufgeschwemmten Pothales. Soweit aus den anderweitigen Angaben über Lotablenkungen entnommen werden kann, gilt dies für das ganze Alpengebiet.

Das Geoid der Alpen bildet eine grosse bogenförmige Welle, welche sich nach Norden zu langsam abflacht, während sie nach Süden verhältnismässig steil abfällt. Dass der Abfall in der Poebene zunächst noch in gleichem Masse fortbesteht, ist leicht dadurch zu erklären, dass gerade diese Ebene nur ein aufgeschwemmtes Land ist, während in Wahrheit das Gebirge hier noch tief hinabreicht. Erst mit der Annäherung an die Apenninen ist wieder ein Steigen des Geoids zu erwarten.

Wenn hier die geometrischen Verhältnisse der mathematischen Gestalt der Erdoberfläche so deutlich dargestellt werden können, so hat dies seinen Grund in dem einfachen Bildungsgesetze des ganzen Alpenmassivs. Durch gewaltige Schubkräfte, welche von der Südseite her die Erdkruste zusammenpressten, ist der steilere Absturz der Südseite der Alpen bedingt; analog verläuft hier das Geoid steiler als im Norden. Vergleicht man damit die Resultate, welche aus den Beobachtungen der Intensität der Schwere folgen, so findet man manche interessante Übereinstimmung, aber auch ganz charakteristische Abweichungen. Betrachtet man die im Original gegebenen Linien gleicher Schwereabweichung (Isogammen), so ist auf der Südseite der Alpen eine rasche Änderung der Schwere vorhanden, weshalb die Unterschiede zwischen der beobachteten, auf Meereshöhe reduzierten Schwere gegenüber der theoretischen rasch kleiner werden, also ganz analog dem Verlaufe des Geoids. Ebenso bleibt im Innern der Alpen weithin der Unterschied nahe gleich, und zwar ist die beobachtete Schwere geringer als die theoretische. Ganz

abweichend aber vom Geoid verhält sich die Schwere in den östlichen Schweizer Alpen gegen Tirol zu, im Engadin, wo die Beobachtungen beider Länder zusammenstossen. In Martinsbruck ist von Oberst von Sterneck und vom Verf. unabhängig beobachtet und das gleiche Resultat erhalten worden; zwei weitere Beobachtungspunkte, St. Maria im Münsterthale und Mals, sind nur in geringer Entfernung voneinander und können daher leicht aufeinander reduziert werden. Auch sie stimmen gut miteinander überein. Die Verbindung der beiderseitigen Messungen ist daher vollständig gesichert. Während die Schwere in dem übrigen Teile der Alpen nur etwa 1,20 *mm* kleiner als die normale gefunden wird, kommt die Differenz in diesem Gebiete auf 1,6—1,7 *mm*.

Im nördlichen Teile der Alpen und auf der schweizerischen Hochebene bis zum Bodensee wird durchgehends eine mittlere Abweichung von nahe der gleichen Grösse gefunden; im östlichen Teile der Schweiz gehen dabei die grössern Abweichungen mehr nördlicher als im Westen, ja hier, in der Gegend des Genfersees, findet sich eine grössere Stelle, wo die Unterschiede zwischen beobachteter und berechneter Schwere am kleinsten werden. Der Jura tritt bei der Intensität der Schwere gar nicht hervor, indem dort nahe die gleichen Werte wie in der schweizerischen Hochebene gefunden werden. Dies ist sehr charakteristisch im Vergleiche zum Geoid.

Die geringsten Unterschiede werden am Rhein in der Gegend von Basel bis Schaffhausen gefunden, ebenso am Hohentwiel, während wieder im Schwarzwald die Unterschiede zunehmen. Bezeichnet man die Abweichungen als Defekte, wenn die Schwere kleiner beobachtet wird, als es die Theorie erfordert, so erscheint der schweizerische Jura im Vergleiche mit dem schweizerischen Mittellande, der sog. Hochebene, gar nicht kompensiert, indem hier überall nahe der gleiche Massendefekt, entsprechend einer Mächtigkeit von 300 bis 400 *m* Höhe bei einer Dichte von etwa 2,3 gefunden wird. Es hängt dies mit der Natur des Jura und seiner Entstehung innig zusammen. Der Jura ist kein Faltengebirge, welches durch Auslösen gewaltiger Spannungen entstanden ist, sondern mehr ein einfaches Hebungsgebiet. Es sinkt daher, trotz der kolossalen Mächtigkeit der Kalkablagerungen, das Gebirge nicht tief in die Erdrinde ein, sondern es ist in verhältnismässig geringer Tiefe eine normale Schichtung des Gesteins zu erwarten. Anders bei den Alpen und auch dem Schwarzwald, welche, Dank ihrer Entstehungsgeschichte, noch tief hinab ihre Wirkung hinterlassen haben und so durch die verminderte Stärke der Schwerkraft nachgewiesen und gewissermassen abgewogen werden können. Es dringen die weniger dichten Gesteine hier noch in Tiefen hinab, die sie bei normaler Lagerung nicht haben, und deshalb erscheinen in ihrer Wirkung auf die Schwingungszeiten des Pendels die oberirdischen Massen unterhalb kompensiert. Die stärkere Abweichung im Engadin wäre dann dadurch zu erklären, dass dort

die Falten des Gebirges noch tiefer hinabreichen als in andern Teilen der Alpen, speziell der Berner und Freiburger Alpen. Es ist ja nun auch in der That der geologische Aufbau des Gesteins in dieser Gegend komplizierter als in den eben angeführten andern Teilen der Schweiz. Während die Zentralalpen aus Gneiss und Glimmerschiefer aufgebaut sind, treten hier neben dem Bündnerschiefer und andern Gesteinsformationen besonders noch die krystallinischen tiefen Gesteine, Granite und verwandte Arten auf. Ein Eindringen derselben in noch grössere Tiefen erscheint aber sehr gut möglich und giebt sich eben bei den Pendelmessungen durch eine schwächere Intensität der Schwere zu erkennen.

Auf die Richtung des Lotes jedoch sind diese tiefer gelegenen Schichten nur von untergeordneter Bedeutung. Wie Dr. Messerschmitts Berechnungen der Lotabweichungen in der Schweiz ergeben haben,[1]) erhält man aus den sichtbaren Massen im Umkreise von etwa 35 *km* nahe die richtige Lotablenkung. Das nämliche Ergebnis fand sich auch für die bayerischen Alpen aus den Rechnungen C. von Orffs und für die Tiroler Alpen nach den Rechnungen von Pechmann, es gilt also wohl für die ganzen Alpen. Auch für den Harz[2]) erhält man ähnliche Resultate, während ein solch einfaches Gesetz für andere Gegenden, ganz abgesehen von den unsichtbaren Störungsgebieten, wie denjenigen bei Berlin und Moskau, nicht nachgewiesen werden konnte. So geben die Berechnungen in England[3]) eine weniger gute Übereinstimmung. Es hängt eben ein solches einfaches Verhalten von der geologischen Struktur der betreffenden Gegend ab. Sobald in kürzerer Entfernung die Dichtigkeitsverhältnisse namentlich in geringerer Tiefe sich rasch ändern, kommt dies auch in der Lotstellung zum Ausdrucke, und es kann ein verhältnismässig kleiner Störungskörper, wenn man sich so ausdrücken darf, durch das Lot erkannt werden, während er wegen seiner Geringfügigkeit auf die Intensität der Schwere zu wenig einwirkt, um dort noch messbare Wirkungen zu hinterlassen. Im Gegensatze hierzu fällt der grosse Massendefekt in den Alpen bei der Lotstellung ganz ausser Betracht, da er eben überall nahe gleich stark hereinspielt.

Die Ablenkung des Lotes in Indien. Diese Frage ist noch keineswegs genügend beantwortet, doch hat Major S. G. Burrard in einem unlängst erschienenen Werke[4]) den Gegenstand so weit geklärt, dass fernere Arbeiten in zielbewusster Weise darauf begründet werden können. E. A. Reeves giebt von diesem Werke und dem ganzen

---

[1]) Astron. Nachr. 1896 141. No. 3365. p. 75.

[2]) Über den Einfluss der sichtbaren Massen des Harz auf die Stellung des Lotes. Zeitschrift für Vermessungswesen 1899. 28. p. 634.

[3]) Helmert, Die math. und physik. Theorien der höhern Geodäsie. Leipzig 1884. 2. p. 376.

[4]) The Attraction of the Himalaya Mountains 1901.

Problem eine äusserst fesselnde Darstellung,[1]) der folgendes entnommen ist. Ehe es möglich wird, festzustellen, um welchen Betrag der Himalaya die Lotlinie durch Indien ablenkt, ist es notwendig, die Beobachtungsstation von dem Einflusse der Lokalattraktion zu befreien, und um dieses auszuführen, schlug General Walker ein System der Gruppierung vor, d. h.. dass jede Station von andern in geringer Entfernung liegenden Stationen umgeben werden soll, und dass Beobachtungen an allen diesen Stationen zu machen sind, aus denen die Lokalattraktion abgeleitet werden könnte. In derselben Abhandlung versuchte er das Überwiegen von nördlichen Ablenkungen durch Indien zu erklären, indem er annimmt, dass Lokalattraktion eine südliche Ablenkung in Kaliánpur hervorbringt, welche Station als Reverenzstation für die indische Vermessung angenommen wird.

Durch die indische Landesvermessung wurde beschlossen, die Vorschläge Walkers in Ausführung zu bringen und eine »Gruppierung« von Beobachtungsstationen einzurichten rund um Kaliánpur, um die Lokalattraktion an diesem Platze festzustellen. Das Resultat der an diesen Stationen gemachten Beobachtungen ist in Major Burrards Bericht enthalten, der die nachfolgenden Werte der Breite von Kaliánpur mitteilt:

In der Berechnung der Triangulation angenommener Wert	24° 7′ 11.20″
Mittlerer beobachteter Wert von sechs verschiedenen Beobachtungen in Kaliánpur selbst ausgeführt von verschiedenen Beobachtern zwischen 1824 und 1899 (die grösste Differenz zwischen diesen ist 0.85″)	24° 7′ 10.97″
Von der »Gruppierung« abgeleiteter Wert	24° 7′ 11.57″

Unter der Annahme, dass der durch die »Gruppierung« abgeleitete Wert von Lokaleinfluss befreit ist, wird gefolgert, dass das astronomische Zenit von Kaliánpur um 0.60″ nach Norden verschoben ist. Dieses Resultat ist überraschend, denn statt der südlichen Lokalablenkung in Kaliánpur, wie sie Walker annahm, findet sich eine nördliche. Danach musste der ganze Gegenstand wieder aufgenommen werden, und es giebt der Bericht Major Burrards das Endergebnis dieser neuen Arbeit, so dass der Bericht eine grosse Masse der peinlichsten Arbeit darstellt.

Die Hauptergebnisse, zu denen Burrard gekommen, fasst er in folgender Weise zusammen:

Die Umkehr der Lotablenkung längs des Parallels von 24° n. B. (der Breite von Kaliánpur) ist einer grossen unterirdischen Kette oder Masse von ausserordentlicher Dichte zuzuschreiben, die sich quer durch Indien von Ost nach West über 1000 englische Meilen weit erstreckt; die Einflüsse der Anziehung sind von Breite 10° bis Breite 30° bemerkbar.

[1]) Geograph. Journal 1902. No. 615, deutsch in Annalen der Hydrographie 1902. p. 284.

Diese Gebirgskette ist die wahrscheinliche Ursache der positiven Ablenkung im Norden von 24° Breite und der negativen Ablenkung südlich davon.

Sie bezeichnet den wirklichen Einfluss der Himalaya-Anziehung: Der Himalay-Einfluss leidet auf diese Weise sowohl durch Kompensation wie durch Verdeckung.

Die Längenbogen des Punjab lassen vermuten, dass der unterirdische Gebirgszug in Rajputana nach NW. sich erstreckt und einen Parallelverlauf mit dem Himalaya innehält.

Die Einflüsse der Gebirgskette sind überlagert über jenen der weit sich erstreckenden Himalaya-Attraktion; der letztere verursacht wahrscheinlich eine Ablenkung der Lotlinie in Kap Comorin um den Betrag von 1 oder 2 Bogensekunden.

Südlich von der Gebirgskette, von der Breite 20° bis zu der Breite 8°, wurde beobachtet, dass die nördliche Ablenkung der Lotlinie nach und nach abnimmt auf eine Entfernung von 800 Meilen, indessen die Totalabnahme sich auf 10″ von —8″ in der Breite 20° zu 2″ in der Breite 8° erhält. Diese Abnahme ist möglicherweise ein Himalaya-Einfluss.

Die Reduktion der auf der physischen Erdoberfläche beobachteten Schwerebeschleunigung auf ein gemeinsames Niveau behandelte F. R. Helmert.[1]) Er stellt darin fest, dass die Bouguersche, eigentlich erst von Young eingeführte Methode bei gehöriger Änderung der Auffassung ein sehr genaues Verfahren vorstellt und nebenbei auch Werte liefert, die die Grundlage für mathematische Betrachtungen über die Erdfigur bilden können. Der Versuch, das Meeresniveau als äusseres Potentialniveau innerhalb des Festlandes fortzusetzen, zeigt, dass dies nur in ziemlich roher Annäherung möglich ist.

Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane. Nachdem H. Mohn in Christiania kürzlich gezeigt hatte, dass man die Schwerekorrektion des Quecksilberbarometers auf Landstationen bis auf einige Hundertstelmillimeter genau mittels des Siedethermometers bestimmen könne,[2]) fasste Prof. Helmert den Entschluss, aus vergleichenden Beobachtungen an Quecksilberbarometern und Siedethermometern die Grösse der Schwerkraft auf dem Ozeane bestimmen zu lassen, falls Vorstudien dieser Absicht günstig ausfielen. Mit diesen betraute er den ständigen Mitarbeiter Dr. Hecker im Geodätischen Institute zu Potsdam, welcher zunächst im Laboratorium für ruhende Instrumente noch wesentlich günstigere Ergebnisse erzielte, über die in der Meteorologischen Zeitschrift und der Zeit-

---

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin 1902. p. 843.

[2]) Das Hypsometer als Luftdruckmesser und seine Anwendung zur Bestimmung der Schwerekorrektion. Christiania 1899.

schrift für Instrumentenkunde von 1901 berichtet ist. Nach weitern Erkundigungen und Studien über die instrumentellen Bewegungen auf den fahrenden grossen Dampfern, sowie nach Auswahl einer Linie mit möglichst ruhiger Fahrt, unternahm Dr. Hecker eine Beobachtungsreise nach Südamerika im Juli und August 1901.

Er benutzte 4 Barometer und 6 Siedethermometer. Diese Instrumente, besonders die Barometer, wurden gemäss Vorversuchen gegenüber den üblichen wesentlich verändert. Zwei der Barometer registrierten photographisch. Die Ergebnisse aller Instrumente zeigen eine befriedigende Übereinstimmung. Die Hinreise erfolgte bei besserer Witterung als die Herreise; auf diese Hinreise erstrecken sich daher die bis jetzt ausgeführten Reduktionen allein. Die Ergebnisse wurden von Dr. Hecker mit Helmerts Formel für die normale Schwere verglichen, welche Formel bekanntlich der kontinentalen Schwere entspricht.

Das Ergebnis der Heckerschen Arbeit ist folgendes: Die Schwerkraft auf dem tiefen Wasser des Atlantischen Ozeans zwischen Lissabon und Bahia ist nahezu normal (entsprechend Helmerts kontinentaler Schwereformel von 1901).

Hierdurch wird also die Hypothese von Pratt über die Lagerung der Massen der Erdkruste glänzend bestätigt. Nansen hatte gelegentlich seiner Polarfahrt auf dem tiefen Polarmeere bei festgefrorenem Schiffe relative Schweremessungen mit einem Pendelapparate ausführen lassen. Nach O. E. Schiötz zeigte sich auch hierbei die Schwerkraft der Hypothese von Pratt entsprechend nahezu normal.[1])

Die beiden Erfahrungen zusammengenommen geben dieser Hypothese, für die auch andere Anzeichen sprechen, eine kräftige Stütze, und man wird von nun ab mit derselben (wenn auch nur im Sinne einer allgemeinen Regel) als einer Thatsache rechnen dürfen. Die radialen Abweichungen der wirklichen Erdfigur im Vergleiche zu der rechnungsmässigen mittlern Gestalt des Erdellipsoides werden sich daher innerhalb der von Helmert schon früher vermuteten Grenzen von $\pm$ 100 *m* bewegen.

Oberflächengestaltung.

Das Siebengebirge am Rhein. Der erste Versuch einer wissenschaftlichen Beschreibung des Siebengebirges wurde von C. W. Nose vor 112 Jahren gemacht, die eigentliche Erforschung beginnt indessen mit Heinrich v. Dechen, der 1829 ein geologisch koloriertes Modell desselben anfertigte und 1852 seine »geognostische Beschreibung des Siebengebirges am Rhein« zuerst veröffentlichte. Auf dieser Grundlage haben G. vom Rath, v. Lasaulx, Laspeyres, Pohlig, Grosser und andere weiter gebaut und an der Hand der

[1]) Physikalische Zeitschrift 1901. p. 567.

fortgeschrittenen Gesteinskunde den Aufbau dieses Gebirges immer weiter ins einzelne hinein festgestellt. Die zahlreichen Untersuchungen dieser Forscher sind in der umfangreichen Fachlitteratur zerstreut, und seit der letzten Ausgabe des v. Dechenschen Werkes, also seit 40 Jahren, wurde eine zusammenfassende Beschreibung des Siebengebirges nicht mehr versucht. Zum Teil lag dies daran, dass es an zuverlässigen, ins einzelne eingehenden Karten dieses Gebietes fehlte, ein Mangel, dem erst 1895 abgeholfen war, als das Blatt »Königswinter« der Messtischblätter der königl. preuss. Landesaufnahme erschien. Jetzt konnte an eine Verwertung des durch so viele Geologen und Mineralogen angesammelten Beobachtungsmateriales gedacht werden, und diese Arbeit nahm ein Mann in die Hand, der ein Dritteljahrhundert früher schon durch v. Dechen selbst in die geologische und mineralogische Durchforschung des Siebengebirges eingeführt worden war. Prof. Hugo Laspeyres in Bonn hat diese seine erschöpfende Bearbeitung des gesamten über das Siebengebirge vorliegenden Materiales daher auch pietätvoll der Erinnerung an v. Dechens hundertsten Geburtstag gewidmet und in diesem Werke (»Das Siebengebirge am Rhein«, Bonn 1901.) den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft über den geologischen Bau und die Bildungsgeschichte desselben dargelegt.

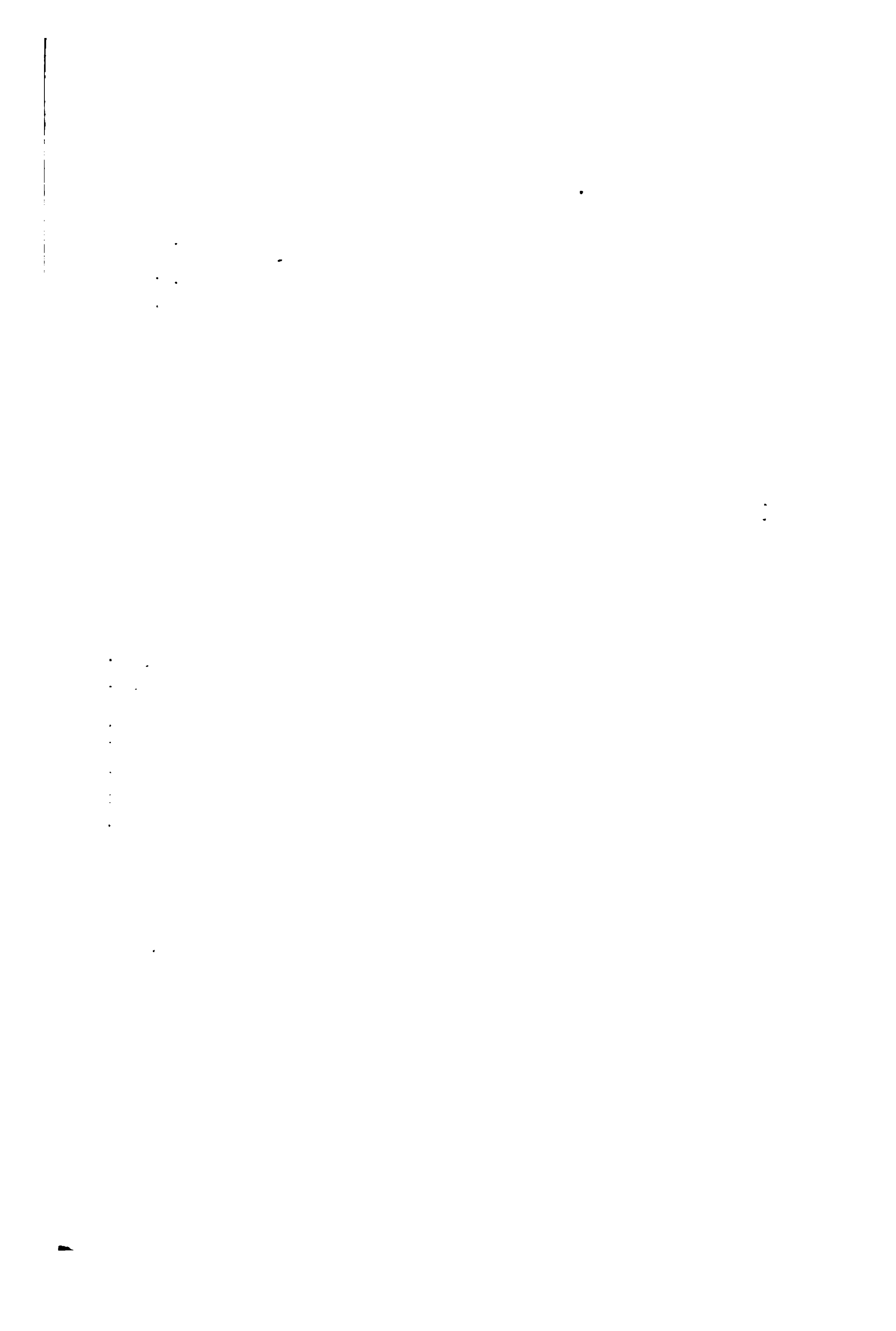
Die massigen Gesteine, aus denen das Siebengebirge im wesentlichen besteht, sind Trachyt, Andesit, Dolerit und Basalt in zahlreichen Übergängen, Gesteine, die voreinst in glühendflüssigem Zustande dem Erdinnern entquollen. Unermessliche Zeiträume hindurch, bevor dieses geschah, bedeckten mächtige, horizontal gelagerte Schichten uralter Meeresabsätze die ganze Gegend und einen grossen Teil Westdeutschlands. Diese Schichten gehören der devonischen Formation an, und an der Westseite des jetzigen Siebengebirges zeigen sie sich heute als breite Sockel mit steilen Weinbergsgehängen nach dem Rhein hin und ebener, terrassenförmiger Stufe, über der sich, etwas abgerückt vom Rhein, die vulkanischen Kegel erheben. Über den Schichtenköpfen des Devon liegen tertiäre Ablagerungen, und zwar auf beiden Rheinseiten in gleicher Höhe und Ausbildung, da das Rheinthal erst später entstand und sich in sie eingeschnitten hat. Diese ältesten tertiären Schichten sind vor den vulkanischen Ausbrüchen, welche das Siebengebirge schufen, zur Ablagerung gekommen, denn sie enthalten kein vulkanisches Bildungsmaterial, sondern sind fast ganz aus der mechanischen und chemischen Zerstörung des Devongesteins hervorgegangen. Während dieser Epoche kamen dann die Trachyttuffe, das mächtigste und verbreitetste Gebirgsglied des Siebengebirges, zur Ablagerung. Es sind vulkanische Trümmergesteine, die aus der Tiefe stammen, und Einschlüsse des von ihnen durchbrochenen devonischen Grundgebirges, des tertiären Gesteins, und sogenannte vulkanische Brocken, aus Trachyttrümmmern und Bimsstein bestehend, enthalten. Diese Tuffe sind durchweg geschichtet, die tiefsten, unmittelbar auf

dem Devon liegenden sind grob im Materiale und unregelmässig gelagert; diese befinden sich dem Eruptionsschlunde, dem sie entstiegen, offenbar am nächsten, während in grösserer Entfernung mit der Verfeinerung des Trümmermateriales die Schichten an Regelmässigkeit, Ausdehnung und Ebenflächigkeit zunehmen. Die Verfestigung des ursprünglich schüttigen Trümmermateriales zu den heutigen Tuffen ist nach Laspeyres wohl weniger durch den Druck der überliegenden Massen als infolge einer überall eingetretenen und oft sehr weit vorangeschrittenen chemischen Änderung ihrer Feldspatbestandteile vor sich gegangen. Diese Trachyttuffe haben ihre grösste Mächtigkeit und Höhenlage im Siebengebirge selbst, erstrecken sich aber weit über dasselbe hinaus, besonders auch auf die linke Rheinseite, und es ist wahrscheinlich, dass es ein oder mehrere Ausbruchsschlünde im Siebengebirge waren, welche diese Auswürflinge lieferten. Von diesen frühesten Kratern aber hat sich keiner erhalten; nur eine trichterförmige Einsenkung zwischen Petersburg und Drachenfels, am Austritte des Nachtigallenthales, die bis unter die Sohle des gegenwärtigen Reinthales niedersetzt, und wo der Tuff unmittelbar auf dem devonischen Grundgebirge abgelagert ist, leitet auf die Vermutung, dass dort ein alter Tuffkrater zu suchen ist. Am besten aufgeschlossen ist der Tuff daselbst in dem tiefen Hohlwege, welcher den Namen die Hölle führt. Der Wanderer betritt dort, links neben dem Eingange in das Nachtigallenthal, eine 300 *m* lange bis 20 *m* tiefe, von fast senkrechten Tuffwänden gebildete Schlucht, deren Entstehung nicht leicht zu begreifen ist, und die schon dem Laien auffällt. In jener uralten Zeit, als diese Tuffe ausgeworfen wurden, befand sich an Stelle des heutigen Rheinthales eine Meeresbucht, deren Wasserspiegel in 180 *m* Höhe lag. Soweit die Tuffschichten unterhalb dieser Höhe liegen, sind sie also in Wasser zum Absatze gekommen. Doch so tief liegende Tuffe finden sich, und zwar auf beschränktem Gebiete, fast nur ausserhalb des Siebengebirges; die meisten vulkanischen Trümmermassen sind mithin auf dem Lande abgesetzt worden, und durch sie wurden die stehenden Gewässer immer weiter nach Nord und West zurückgedrängt. Von jener Zeit an ist, wie Laspeyres ausdrücklich hervorhebt, das Siebengebirge Land geblieben. Seine Oberflächengestaltung unmittelbar nach dem Tuffausbruche war nach der Darstellung von Laspeyres die einer vulkanischen Hügellandschaft, deren Höhen bis 250 *m* über die Küste der Tertiärbucht sich erheben mochten, und mehrere kleine Tuffkrater zeigten das Ganze vielleicht ähnlich den phlegräischen Feldern bei Neapel, aber mit geringern Abmessungen. Wie lange dieser Zustand gedauert hat, ist unbekannt; jedenfalls aber war es in der tertiären Epoche, als infolge unbekannter Vorgänge aus dem Erdinnern vulkanische Massengesteine als Lava hervorquollen, am frühesten Trachyte, dann Andesite und zuletzt Basalte. Sie durchbrachen dabei die Schichtgesteine und bildeten darin Gänge oder Kuppen, die Basalte vielleicht auch Ströme oder

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig.

Jahrbuch XIII, 1902.
Tafel III.

Isohypsen des Geoids der Schweiz
entworfen von Dr. B. Messerschmitt. (1900.)



Decken auf den Tuffen. Die Lavagänge zeigen in den meisten Fällen Richtungen ihres Streichens, welche eine Abhängigkeit der Ausbrüche von den im Grundgebirge vorhandenen tektonischen Spalten hervortreten lassen, und auch in der Reihe der Lavakuppen scheinen diese Richtungen sich bemerkbar zu machen. Die Kuppen bilden kegel- oder glockenförmige Massen, welche innerhalb des durchbrochenen Gesteins, also mit der Tiefe, an Umfang abnehmen, wie aus den Steinbruchbetrieben sich ergiebt, Sie haben also die Gestalt eines Pilzes, dessen Stiel der mit Lavamasse ausgefüllte Ausbruchskanal bildet, doch ist bis jetzt ein solcher Eruptionskanal noch an keiner Kuppe durch Steinbruchbetrieb wirklich freigelegt worden. Indessen macht Prof. Laspeyres auf einzelne Punkte, z. B. beim Dechendenkmal an der Wolkenburg, aufmerksam, woselbst mit basaltischem Tuffe und auch mit Basalt ausgefüllte, weder gang-, noch kuppenförmige, sondern mehr schlotartige Gebilde sich finden, die er nur als Eruptionsprodukte deuten kann, bei denen die Lava oben über dem Stiele durch Erosion im Laufe der Zeit verschwunden ist. Aus Trachyt bestehen folgende Kuppen: der Drachenfels, der Schallen- und Geisberg, der Lohrberg, Eugenienruhe, der Remscheid; aus Andesit: die Wolkenburg, der Hirschberg, der Stenzelberg, von dem sich ein mächtiger Andesitgang über die grosse Rosenau und den Wasserfallberg bis an die Strasse des Mittelbachthales verfolgen lässt; endlich der grosse und kleine Breiberg und der Ölender. Basaltkuppen sind: der Petersberg, der Nonnenstromberg, der Gipfel des grossen Ölberges; die basaltische Kuppe der Löwenburg hat einen Kern von Dolerit, den man anstehend nur auf der Spitze dieses Berges findet, ausserdem so im ganzen Siebengebirge nur an einem kleinen Küppchen am Nordabhange des Brüngelsberges.

Was den Vorgang bei der Entstehung dieser Lavakuppen im allgemeinen anbelangt, so stellt diesen Prof. Laspeyres an einer Basaltkuppe in Trachyttuff — solche sind beispielsweise der Petersberg, der Nonnenstromberg, der grosse Weilberg — in folgender Weise dar: »Zuerst bildete sich um die Ausbruchsstelle über den Trachyttuffen ein mehr oder minder deutlich geschichteter Vulkankegel mit eingesenktem Krater. Die tiefsten dieser vulkanischen Schichten werden vorwaltend aus den ausgeblasenen Trümmern des Trachyttuffes bestehen, untermischt mit vereinzelten Schlacken, Bomben u. s. w. des basaltischen Ausbruches, sowie mit Brocken von den durchsetzten Tertiär- und Devonschichten. Nach oben hin werden sie aber immer mehr Basaltmaterial neben dem trachytischen führen und schliesslich fast ganz aus basaltischen Trümmern bestehen. Zum Schlusse der Eruption wird der Krater und Kraterschlund von der ruhiger aufsteigenden Basaltlava mehr oder weniger hoch erfüllt worden sein. Diese erstarrte im Krater, bevor ein Lavastrom sich durch den Kraterwall Bahn brechen oder über den Kraterrand sich ergiessen konnte. Damit war der vulkanische Ausbruch an dieser

Stelle beendet.« Die alten Vulkankegel sind wahrscheinlich ursprünglich nicht viel höher gewesen als die der jetzigen Kuppen, weil an dem Gipfel der Berge die Lava lediglich durch den Schlagregen nur wenig zerstört und abgetragen worden sein kann. Was die Veränderungen dieses Landschaftsbildes durch die Thätigkeit des Wassers, die Erosion, anbelangt, so stellt Prof. Laspeyres diese in etwas anderer und wahrscheinlicherer Weise dar, als meist angenommen wird. »Die Herausschälung des jetzigen Siebengebirges,« sagt er, »aus dem frühern Zustande erfolgte zunächst nicht mittels grosser tertiärer oder nachtertiärer Wasserfluten, sondern durch den auffallenden und abfliessenden Regen, denn das Gebiet über 180 *m* Höhe war seit dem Beginne der Tuffbildung bis heute Land. Die lockern Tuffschichten wurden zunächst von der Erosion betroffen, in sie schnitten sich die Thäler bis zu 180 *m* Höhe ihrer Sohle ein. Eine weitere Vertiefung der Thäler in und durch die Tuff- und Tertiärschichten, sowie in die Devonschichten konnte erst beginnen, als zur Diluvialzeit der Rhein sich tiefer und tiefer unter die 180 *m*-Sohle einschnitt. Die Kuppen, soweit sie über 180 *m* emporragen, erhielten ihre jetzige Gestalt mithin in der Weise, dass zuerst die an der Aussenböschung der Vulkankegel ausgehenden Grenztuffe mehr und mehr fortgewaschen wurden, bis dadurch die den Krater erfüllende Lavamasse so stark unterwaschen war, dass sie von den Rändern zu Bruche ging und an den Abhängen der sich so bildenden glocken- und domförmigen Erosionskegel die Blockhalden lieferte. Die die Lava früher bedeckenden Stromschlacken, die an der Dollendorfer Hardt noch jetzt teilweise erhalten geblieben zu sein scheinen, sind an allen übrigen Kuppen fortgewaschen worden. Die grossen Basaltkugeln, welche den Gipfel des Petersberges bedecken und sich, nur kleiner, in den vermeintlichen Stromschlacken der Dollendorfer Hardt finden, sind vielleicht Überreste jener Stromschlackenbedeckung.« Während der Diluvialzeit hat der Rhein sein Bett nach und nach beträchtlich unter die heutige 65 *m* hoch liegende Thalsohle eingeschnitten und dadurch die beiderseits von ihm liegenden Züge von plateauartigen Vorbergen gebildet, die wir heute dort sehen.« Aus jener Periode stammt auch die Ablagerung des Rheinlöss, dessen Auftreten in den diluvialen und jetzigen Thälern an eine bestimmte Höhenlage zwischen 65 und etwa 240 *m* gebunden ist. Dadurch verrät sich, wie Prof. Laspeyres ausführt, diese Lössbildung als der Absatz äusserst feiner Sinkstoffe des Rheinwassers, und zwar des aufgestauten Rheines. »Der Absatz begann nach Eintritt einer Thalsperre im Unterlaufe des Rheines in den Thälern, nach Vollendung der gesamten diluvialen Erosion in allen diluvialen Schotterablagerungen und stieg mit den gestauten Fluten allmählich immer höher bis gegen 240 *m* hoch.« Nachdem die Stauwasser 100 bis 120 *m* hoch standen, und die ersten Lössabsätze schon erfolgt waren, fand nach Laspeyres der Ausbruch des Rodderberges statt. Als

Ursache der Thalsperre des Rheines ist die letzte Vereisung Norddeutschlands zu betrachten, während deren das nordische Inlandeis eine mächtige Barrière bildete; auch bezeichnet von Schlesien bis nach Belgien hin überall Löss das Abzugsthal der mit den Gletscherströmen vereinigten aus dem mittlern Deutschland kommenden Flüsse. Welche Jahresreihe verflossen ist, seit die norddeutsche Eisbedeckung geschwunden, und der Rhein wieder seinen Ablauf finden konnte, weiss man nicht; wahrscheinlich fällt diese Epoche zusammen mit dem frühesten Auftreten des Menschen in dieser Gegend. Aber so weit liegt diese Zeit hinter der Gegenwart, dass seitdem die Bäche aus dem Siebengebirge am Austritte ihrer Thäler die breiten in die Rheinthalsohle auslaufenden Schuttkegel absetzen konnten, auf denen sich Honnef, Rhöndorf, Ramersdorf und andere Orte erheben.

Das Antlitz der Alpen bildete den Gegenstand von Ausführungen Prof. Pencks (Wien) in der geographischen Abteilung der Naturforscherversammlung zu Karlsbad (1902). Obgleich geologisch jung, bemerkte Penck, könnten die Alpen im Sinne der neuern Geomorphologie doch nur als reifes Gebirge gelten; denn ihre Oberflächengestaltung werde nicht mehr beherrscht von der Regel: was am höchsten gehoben, ist am jüngsten, sondern von der andern Regel: was fest ist, ist hoch. Einzelne Teile des Gebirges trügen sogar morphologisch Züge hohen Alters, wie z. B. das Rumpfvorland in Oberbayern; vereinzelt nur seien wirklich junge Erhebungen, die bisher nur im Vorlande nachgewiesen werden konnten und bemerkenswerterweise dort fehlten, wo eine Stauung des Gebirges an vorgelagerten Erhebungen angenommen wird. Wenn die Alpen gewisse Züge der Jugendlichkeit tragen, so hänge dies nicht mit ihrer jungen Entstehung, sondern mit der Vergletscherung zusammen, die sie betroffen hat. Deutlich könne man erkennen, dass in den Alpen der glaziale Formenschatz jünger ist als der für den Reifezustand einer Landschaft charakteristische, welch' letzterer in den nicht vergletscherten Teilen des Gebirges herrscht und sich in Spuren weithin in das ältere Gletschergebiet verfolgen lässt. Aus diesen reifen Formen mit gleichsinnigen Böschungen sind die glazialen durch eine grossartige Erosion herausgeschnitten, welche die Böschungen abstufte und gelegentlich verkehrte, so dass in den Thälern und an den Gehängen Seen entstanden. Dabei ist aber der Grundriss vom Gewässernetze der Alpen nur wenig verändert worden. Er spiegelt direkt oder indirekt den Gebirgsbau; was aber reizvoll ist im Antlitze der Alpen, der Spiegel ihrer Seen, die Pracht ihrer Wasserfälle, die Kühnheit ihrer Gipfel, das alles ist der Eiszeit zu danken. Penck kommt auf Grund neuester Forschungen zu dem Ergebnisse, dass in den Alpen wenigstens vier verschiedene Kälteperioden stattgefunden hätten, die durch wärmere Epochen, interglaziale Perioden, voneinander geschieden waren. Die Hauptkälteperiode sei die zweite

gewesen, während ihrer Dauer habe die Eisbedeckung Europas ihr Maximum erreicht. Was den Urmenschen anbelangt, so stellt Penck die Funde aus der ältesten Steinzeit in die früheste Interglazialepoche, die Funde, welche man der sogenannten neolithischen Periode zugeteilt hat, entstammen dagegen nach seiner Ansicht der postglazialen Epoche. Letztere umfasst, im Vergleiche zur paläolithischen Periode, nur einen relativ kurzen Zeitraum; das erste Auftreten des Menschen in Europa verlegt Penck dagegen um 40—50 Jahrtausende hinter die Gegenwart.

Das Karwendelgebirge. Über den Bau desselben, auf Grund der geologischen Neuaufnahmen, gab Dr. O. Ampferer eine Übersicht.[1] Der südlichste Kamm der Innthalkette ist sehr steil aufgerichtet, der nächste, der Gleierschkamm, steht saiger, ja ist auf grosse Strecken überkippt und überschoben, was im folgenden Suntigergrat noch deutlicher ausgedrückt ist. Der gewaltige Hinterauthalkamm aber ist in seiner ganzen Erstreckung von Schwaz bis zum Scharnitzerpasse stellenweise bis 4 *km* weit über das nördliche Gebirge vorgeschoben, so dass auf einer langen Strecke zumeist sein Muschelkalk auf ganz zerknetete Juraschichten zu liegen kommt. Der nun folgende Karwendelkamm, der grösstenteils in einzelne Stöcke aufgelöst ist, besteht fast durchwegs aus 3 Schollen, die alle überkippt und ausserdem schuppenartig übereinander hinaufgedrängt sind. Aus dieser Überkippung und Schuppenstruktur folgt die ausserordentlich zerstückelte und verworrene Lagerung. Es stellt somit das Karwendelgebirge im wesentlichen das Gebiet einer Überschiebung dar, deren Intensität in der Mitte am grössten ist und sowohl nach Norden als Süden rasch abnimmt. Die Überschiebung ist an zahlreichen Stellen aufs klarste erschlossen, wurde aber trotzdem, selbst bei der unter Leitung Prof. Rothpletz in den Jahren 1886—1887 erfolgten Aufnahme, vollständig übersehen, was nur zu verstehen ist, wenn man bedenkt, dass viele entscheidende Stellen teils schwierig, teils mühsam zugänglich sind. Ebenso wurden bisher die interessanten glazialen Bildungen nicht recht beachtet, die fast in allen Karwendelthälern zu finden sind und von einer ganz selbständigen Vereisung Zeugnis ablegen, die erst an den Pforten des Gebirges mit den grossen inneralpinen Eisströmen zusammenstiess. Die grossen Längsthäler bilden hier im Vergleiche zu den in sie mündenden Querthälern übertiefte Thalfurchen, in welche dieselben mit engen Felsklammen niederbrechen. Das ist besonders schön auf der Nordseite des Hinterauthales und auf der Südseite des Rissthales entwickelt. An der Innthalfurche und an der Tiefenzone des Seefeld-Scharnitzer Passes haben die grossen, aus dem Innern der Alpen kommenden Eismassen die Karwendelgletscher überwältigt, und zwar scheinen die letztern keilförmig unter die erstern hinein-

[1] Verhdlg. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1902. p. 274.

gedrungen zu sein. Grossartige Trogthäler sind besonders die Querthäler im Norden, die fast eben zu den gewaltigen Wänden der Hinterauthalkette hinführen und in der Tiefe von mächtigen glazialen Schuttmassen ganz bedeckt sind. Die meisten Thäler dieses Gebirges sind so mit Schutt und Blockwerk ausgefüllt, dass die Bäche häufig nur an den äussersten Enden der Thalungen in den Felsgrund nagen, sonst aber von den Quellen an auf glazialem Schutte hinlaufen. Dabei sind oft im Innern der Thäler nahe an den Jöchern, wie am Hochalpsattel, am Spielistjoch oder bei der Stallen- und Ladizalpe hoch aufgestaute Schuttstufen vorhanden, die sich fast eben weit zurückdehnen, gegen vorn aber mit jähen Runsen abstürzen, aus denen starke Quellen hervorbrechen. Diese Stauböden aus Schutt in den hohen Thalgegenden sind ebenfalls ohne Hilfe der Gletscher in ihrem Entstehen nicht zu begreifen. An den Südrändern des Karwendels gelang es, an einigen Stellen in sehr hohen Lagen noch erratische Gesteine zu entdecken, so das höchste Vorkommen in diesem Gebirge überhaupt am Südhange des Brandjochkreuzes bei 1980 *m*.

Über die Verbreitung der Karren und karrenähnlicher Gebilde handelt Dr. M. Eckert in einer grossen Studie über das Gottesackerplateau, ein Karrenfeld im Allgäu.[1] »Die Karren«, sagt er, »sind Detailformen der Erdoberfläche, die bei einer Ästhetik des Gebirges nicht vernachlässigt werden dürfen. Der mannigfaltige Reichtum und die grosse Vergesellschaftung dieser Formen eines Karrenfeldes sind für die ganze landschaftliche Scenerie der Kalkalpen so typisch, dass man von einer »Karrenlandschaft« reden kann. In einer Landschaft, in der die Karren weithin gebreitet auftreten, bestimmen sie den geographischen Gesamttypus. Zu den Formen gesellen sich die Farben; und wo beide wiederkehren, werden sie oft von merkwürdigen Eigenschaften des Bodens begleitet, für die sie wahrhaft »leitend« werden können. Der vorherrschende Farbeton ist das charakteristische, in verschiedenen Helligkeitsstufen wechselnde Grau des Kalksteins. Dieser Ton ist wieder mannigfach modifiziert durch die Teilnahme des Humusbodens mit seiner Pflanzenwelt als Staffage einer Karrenlandschaft. Wohl tritt die Vegetation nicht zu üppig in einem Karrenterrain auf, und dennoch giebt sie dem hellen Kalkfels an vielen Stellen einen dunkeln braungrünen Hauch, der der Stimmung des ganzen Landschaftsbildes unter Umständen einen eigentümlich trüben Charakter verleiht. Der Ausdruck der Karrenlandschaft ist dann düster, »kirchhofsartig«.

Wenn die Karrenlandschaft wesentlich an dem charakteristisch grauen Tone des Kalkfelsens partizipiert, der nicht bloss in den Alpen, sondern auch im Apennin, Jura und Karst wiederkehrt, und ihr dadurch einen eigenen Typus aufzuprägen sucht, so wird sie durch ihren Formenreichtum von allen den Gebilden, die Ergebnisse irgend einer Verwitterung sind, bestimmt als Individuum hervorgehoben. Diese äussere Gestaltung findet aber viele Analoga; und so führt die äussere Ähnlichkeit auf die tiefere Übereinstimmung seltsamer Formen der Erdoberfläche.

Die Eigentümlichkeit eines Karrenfeldes als Individuum spricht sich schon darin aus, dass das Volk dieser Oberflächenerscheinung einen besondern Namen beigelegt hat. Das Karrenphänomen trägt wohl bei den

[1] Wissenschaftl. Ergänzungsheft zur Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins 1. 3. Heft. Innsbruck 1902.

verschiedenen Völkern verschiedene Namen, aber im Grunde genommen kommt in allen fast derselbe Gedanke zum Ausdrucke. Etymologische Schwierigkeit verursacht die Bezeichnung »Karren«. Manche glauben, dass sie mit Karren, Schubkarren, zusammenhänge, insofern den Geleisen, Furchen des Karrens, die Karren der Felsoberfläche ähnlich seien. Verf. hält das Wort Karren für eine figürliche Ausdehnung des Wortes »Kar« = Gefäss, Geschirr, bei Ulfilas »kas«, ahd. »char«, mhd. »kar«, mit welchem Worte auch das Kar der Hochgebirge zusammenhängt. Bei C. Escher von der Linth tritt der Ausdruck »Karren« zuerst in der Wissenschaft auf, nicht bei Agassiz, wie Simony angiebt und viele andere, die sich an diesen anlehnen.

Das Wort »Schratten« kann ebenso zweierlei Ursprung haben; entweder hängt es zusammen mit »Schratt«, »Schrättel« = Kobold, Poltergeist, — die Schrättel sind sagenhafte, struppige, zwergähnliche Geister, die die Felsen durchbohren, durchwühlen; »Schrattenberg« in Niederösterreich, 1298 schon urkundlich — oder mit »schroten« = schneiden, hauen, zerschneiden. Schneider (Schnyder) von Wartensee anno 1733: »Schratten« = was zerschrunden ist. Grimm weiss keine genügende Wurzel für »Schratt« (Deutsche Mythologie). Verf. vermutet, dass »Schratte« durch eine Versetzung des »r« aus dem schriftdeutschen Wort »Scharte« sich gebildet hat.

Wichtig ist es, für die Auffassung des Karrenphänomens, sein Verbreitungsgebiet festzulegen. Dabei kann nicht untersucht werden, ob auch all die beschriebenen Erscheinungen die Bezeichnung »Karren« verdienen. Die ersten und meisten Beobachtungen über die Karren liegen aus den Alpen, den Schweizer Alpen insbesondere, vor. In den östlichen Schweizer Alpen beobachtete man Karren auf dem Säntis, dem Kurfirsten, dem Kerenzerberg, dem Rieseltstock, der Karrenalp, der Silbern, den Muottathalerbergen, der Schächenthaler Windgälle, den Wäggithalerbergen, dem Fluhbrig, der Fronalp, dem Bauen, dem Sättelistock, Rigidalstock, Wellenstock, Zindelnstock, dem Brünig, dem Kaiserstock, der Lidernen (Keller, Tschudi). Einzelbeschreibungen wurden der Schrattenfluh und den Karren am Räderten-stock und auf der Höhe der Silbern durch Schnyder von Wartensee, Hirzel, Heim und Becker zu teil. Heim berichtet ferner von Karren zwischen der Seewelialp und dem Hohen Faulen, des Belmistockes, der Jägernstöcke des Glatten, der Kammlialp, des Kistenpasses, des Gran- und Mattstockes. Karren schmücken die Sulzfluh. O. Heer erzählt von Schratten am Axenstein bei Brunnen. Die Karren des Glärnisch finden wir auch bei Heim erwähnt, dann bei Baltzer. Wir finden eben die Karren in der ganzen Kette von Unterwalden bis Glarus, wie Christ bemerkt. — Beobachtungen aus den westlichen Alpen liegen vor von dem Raviel, dem Sanetsch, der Tour d'Ay, der Tour de Mayen durch Keller, der Gemmi durch Scheuchzer, De la Borde, Ebel, Keller, der Salève durch De Saussure. Die Schratten des Faulhorns erwähnt Keller, Studer die auf der Bättenalp am Faulhorn. Agassiz machte seine Karrenstudien auf der Scheideck zwischen Meyringen und Grindelwald, auf dem Kirchet bei Meyringen, vor dem Gletscher am Rosenlaui, nahe am Gletscher von Grindelwald. Karrenfelder vor den Gletschergebieten: Miet, Zanfleuron, Verlorenerberg, Cheville, Audannes, Wildhorn sah Renevier. Charpentier beschreibt Karrenbildungen unter dem Gletscher der Diablerets. Mousson nimmt Karrenrinnen in den altrömischen Steinbrüchen zu Aix in Savoyen an. Der zerfurchten Oberfläche der Felsen im Thale Ollivules und bei den Städtchen Cujes und Gémones in Südfrankreich gedenkt De Saussure.

Eine ausführliche Monographie über das Karrengebiet des »Désert de Platé« (Hochsavoyen) bringt E. Chaix. Er hat auch das des Parmelan beobachtet. J. Briquet, der Savoyen betreffs botanischer Untersuchungen kreuz und quer durchstreift hat, teilt Chaix Orte und Höhenlagen von Karren mit.

Fr. Mader berichtete von Karrengebilden auf den Hochflächen der östlichen Provence bei Grasse, bei Coursegoules, um den Cheïron, am Abhange des Calern; im kleinern Massstabe treten solche bereits um Tourrettes bei Vence auf. Er sagt, dass die westfranzösischen Alpen reich an Karrenfeldern seien, namentlich die Gebiete Vercors, Dévoluy, Vaucluse, dagegen die südlichen Kalkalpen Liguriens nur an sehr wenigen Stellen die Bedingung zur Karrenfeldentwickelung besitzen. Rothpletz hatte 1895 Gelegenheit, auf dem Gipfelkamme von Ste. Beaume in der Provence (1035 *m* hoch), der aus nach Süden geneigten Bänken des cretaceïschen Schrattenkalkes gebildet ist, Karren zu beobachten.

Über Karren und Karrenfelder der deutschen Alpen liegen mancherlei Bemerkungen und Untersuchungen vor. Die Karren des Hohen Ifengebiets werden bereits geschildert von Gümbel, später von Waltenberger und Ratzel. Das Gottesackerplateau ist nicht der einzige Träger von Karren auf dem Ifenstocke. Am Thorkopfe, an den Untern Wänden, 1840 *m*, an der Keplerwand, am Gatterkopfe, 1670 *m*, Musberge, Kühberge, 1530 *m*, Engenkopfe, 1480 *m*, an den Kackenköpfen, 1530 *m*, lassen sich Karrenbildungen beobachten. Im Mahdthale ziehen sich die Karren von einer Höhe von 1700 *m* herab bis 1140 *m*. In der mittlern Erstreckung 1450—1500 *m*, sind besonders Karren mit abgerundeten Firsten anzutreffen. Noch schöner abgerundet sind die Karren, denen man oberhalb der obern Kepleralpe begegnet, im Norden der Ifengruppe. Wo nur der Schrattenkalk zu Tage tritt, stösst man auch auf Karren. Von diesen Erhebungen ziehen sich die Karren in die Thäler hinab. Der ganze Ostabhang der Ifengruppe zeigt Karrengebilde bis zur Isohypse von 1100 *m*; die tiefste Stelle erreichen sie im Norden des Engenkopfes (920 *m*). Im Kürenwalde sind sie fast ganz durch Humus und Wald bedeckt. Ebenso finden sich vereinzelte Karren im Norden der Ifengruppe bis in die Nähe der Starzlach und des Hirschgunderbaches. Auf dem Wege von Rohrmoos nach Sibratsgfäll stehen Karren. Ihre grösste Tiefenerstreckung ist da ungefähr durch die Isohypse 1000 *m* gegeben. Im Süden lassen sie sich noch im Ifertsgundthale bei 1840 *m* Höhe beobachten. Der Westabfall der Ifengruppe ist auf seiner Südhälfte ein sehr steiler und zeigt gar keine Karren, nur hie und da einen verlorenen Karrenstein oder Schrattenkalkblock, der von dem in der Höhe lagernden Schrattenkalke abgewittert ist. Bei den Rubachalpen finden sich Karren bis zu einer Tiefe von 1150 *m*.

Gümbel berichtet von Karrenfeldern im Wettersteingebirge, in den Schwangauer Gebirgen und in den Vilser Bergen. Ratzel bringt den Namen der Riffel im Wettersteingebirge mit der Riefelung und Karrenrinnenbildung, die sich auf dem dem Höllenthalé zugekehrten östlichen und nördlichen Abhange der Riffel zeigt, in Zusammenhang. Gruber konstatiert Karrenbildungen im Karwendel, im Riss- und Dürrachgebiete. Chr. März, der die Kare des Karwendels studierte, fand in allen Karen karrige Bildungen, so dass er von einer Karrenzone der Karwendelkare spricht, die sich am typischsten von 2000—2200 *m* ausbreitet. Bis 2000 *m* geht das Krummholz mit Karrensteinen. Mehr zufällige Beobachtungen über Karren machte Schwaiger ausser am Hochglück noch im Gruben- und Lamsenkar. Bargmann sah hin und wieder karrenähnliche Bildungen im Samer- und Gleierschgebiete. Klengel berichtete mir mündlich von Karren auf den Höhen, die den Achensee umgrenzen.

Die Karren des Kaisergebirges untersuchte Verf. im Jahre 1893, sodann in den Jahren 1894 und 1900. Hier findet sich das grösste Karrenterrain auf dem linken Flügel, dem Westflügel des Zahmen Kaisers; es breitet sich plateauartig aus, besitzt eine Grösse von 0,7—0,8 *qkm* und eine mittlere Erhebung von 1780 *m*. Wichtige Karrenpartien reichen bis 1500 *m* hinab, so in der Nähe der Naunspitze.

In der Nähe der Feldalpen (westlich vom Feldberge) breiten sich Karren aus, die wegen ihres grössern und reichern Auftretens den Namen Karrenfeld verdienen. Dies Karrenfeld hat eine Ausdehnung von 95—100 *m* und eine Breite von 20—40 *m*: Es senkt sich nach Norden und hat eine durchschnittliche Meereshöhe von 1350 *m*. Ausser diesen grössern zusammenhängenden Karrengebieten kann man einzelne Karrenformen allenthalben an den verschiedenen Orten und Höhen beobachten.

Von den klassischen Karrentypen des Steinernen Meeres berichten Gümbel und Penck, R. Keil und besonders anziehend G. v. Bezold, Richard von Frey von denjenigen auf der Untern Wildalm am Steinernen Meere. Herm. v. Barth schildert sehr gut das Eigentümliche des Karrenterrains des Steinernen Meeres, ohne den Ausdruck Karren zu gebrauchen. Aus dem Gebiete der Übergossenen Alm liegen auch Beobachtungen von H. Crammer vor. Das weitgedehnte Karrengebiet des Steinernen Meeres ist von elliptischer Gestalt mit einer mittlern Erhebung zu 2100 *m*.

Fugger, Karsten u. a. berichten von den Karren auf dem Plateau des Unterberges zwischen der Schweigmülleralpe und dem Muckenbründl und auf andern Stellen desselben Gebietes. Die ausgedehnten Vorkommnisse von Karren auf dem Dachsteinmassive und Toten Gebirge und Prielstocke haben eine eingehende Erörterung durch Simony gefunden. Die Karrenplateaus des Tennengebirges werden schon 1851 von Lipold geschildert, wenn dabei auch die Bezeichnung »Karren« vermieden wird. Von den Südtiroler Alpen liegen in Bezug auf Karrenfelder nur spärliche Beobachtungen vor. Penck hebt in den Mitteilungen der k. k. geographischen Gesellschaft zu Wien die karrengleichen Gebilde der Slavini di San Marco bei Roverto hervor. Karl Schulz, ein bekannter Alpinist, erzählte dem Verf. von prachtvoll entwickelten Karrentypen in der Brentagruppe.

Martonne berichtet von den Karrenfeldern und kleinen Dolinen im Cipollinmarmor, der mit die bedeutenden Zirken von Gauri et Galcescu (etwa 2200 *m*) in dem Massive von Paringu der rumänischen Karpathen aufbaut.

Ein bestrittenes Ausbreitungsgebiet haben die Karren im Jura gefunden. Von ältern Forschern erwähnt Agassiz zuerst die Karren im Jura bei Chatillon oberhalb Bevaix, an dem Abhange von Bötzingen, neben der Strasse von Biel nach Sonceboz, und auf Gipfeln im waadtländischen Jura. Dieselben Orte werden von Tschudi und Berlepsch wiederholt. In neuerer Zeit haben Ratzel und Schardt die vergessenen Karren des Jura wieder ans Tageslicht gebracht. — Kurz nach einer Wanderung im Karste kam Ratzel nach dem Westjura zwischen der Dôle und dem Noirmont; ihn überraschte die Übereinstimmung der Natur mit dem Karste. Besonders fielen ihm die Karren auf, die im Jura wohl nicht so ausgedehnt wie in den Alpen als Karrenfelder zu finden, aber wohl an jeder über 1000 *m* sich erhebenden Höhe nachzuweisen sind. Ganz typische Karren sah Ratzel am Westabhange der Dôle gegen Polechaud zu, am Col de Marcheiruz, am Mortmont (450—600 *m*) bei Eclépends zwischen Yverdon und Lausanne und auf dem schwach nach Südosten einfallenden Urgon des subjurassischen Neocomplateaus (550—700 *m*) zwischen Orbe und Cuarnens. — Schardt beobachtete gut entwickelte Karren im Bois de la Rollaz bei 1341 *m* Höhe südlich von der Strasse zwischen Les grands Prés de Bière und La Meylande, ferner im Thale von Les Amburnex und Les Sêches. Karren von echt alpiner Beschaffenheit zeigen sich im Gebiete zwischen Lons-le-Saulnier und Valfin im französischen Jura. Dieser hat einen ausgesprochenen Plateaubau und ist daher besser für zusammenhängende Karrenfelder geschaffen als der schweizerische Jura.

In deutschen Juragebieten sind bis jetzt noch keine Karren beobachtet worden, trotzdem Ammon bei seinen Untersuchungen über dieselben auf Karrengebilde achtete. Die Möglichkeit von karrenfeldähnlichen Bildungen im Frankenjura leugnet Ammon nicht.

In neuerer Zeit hat man vor allem von seiten der Karstgeologen die Karren als ein wesentliches Karstphänomen beansprucht. Fast auf der ganzen Erstreckung des Karstes lassen sich Karren oder besser karrige Gebilde beobachten. Philippson berichtet von den Karren der Kalkplateaus des Peloponnes, Partsch von denjenigen auf dem Aenos, dem höchsten Gipfel der Insel Kephallenia. Auf dem Karste zwischen Blagaj und Nevesinje (Boué), im Velebit (Zittel), im Karste von Krain (Zippe) sind Karrenbildungen nichts Seltenes, ebenso im Kučajgebirge Ostserbiens, im Rauchthale und Bragsergebiete, in den Kalkgebirgen bis zur Linie Kljuc-Petrovac-Kulen-Vakuf (Mojsisovics). Cvijič beschreibt die Karren in der Herzegovina in der Gegend Ljut, im Südwesten des Gacko Polje (980 *m*); nach demselben Beobachter kommen sie im nordwestlichen Montenegro in einer Höhe von 600—1500 *m* vor. Hassert erzählt von den Karren in Montenegro, so von denen am Durmitor in 2114 *m* Meereshöhe. Nördlich von Fiume liegt das Risnjakgebirge, das Karrenbildungen verstreut aufweist (Hirz). Überhaupt lassen sich auf den mittlern und grössern Höhen des ganzen adriatischen Karstes Karren finden, am schönsten entwickelt bei Osli Dol (560 *m*), unweit Bersek in Istrien und bei Duare (= Zadvarje) im Karstboden (240 *m*), links von der Cetina (Cvijič).

Aus dem Karstgebiete liegen noch Beobachtungen vor von Karren an der Meeresküste. Wir wollen diese Oberflächenerscheinungen »Litorale Karrenformen« nennen, Boblaye spricht von einer kontinuierlichen Karrenzone an der Kalkküste des Peloponnes. An der Küste der jonischen Inseln zeigen sich Karren, so z. B. im Meeresniveau der Kalkfelsen von Ithaka (Partsch). Hilber schreibt von Karren in der Bucht zwischen Punta Pizzale und Punta Maturaga im Norden von Parenzo; Stache schreibt über die an der Westküste von Istrien zwischen Stignano und Fasano.

Wir kennen nicht bloss den Karst als einen nächsten Verwandten der Alpen, sondern auch die Pyrenäen. Dass hier Karren vorkommen, wissen wir von Penck, der ferner auch von solchen auf Gibraltar berichtet. Von andern europäischen Gebieten scheinen einige Stellen in Sizilien durch karrenähnliche Bildungen ausgezeichnet zu sein (Heim). In die neueste Zeit gehören die Beobachtungen über norwegische Karren durch J. H. L. Vogt. Karrige Gebilde reinen Kalkes kommen im Erzgebirge vor (Sauer und Beck). Von karrenähnlichen Erscheinungen im Sandsteine der Sächsischen Schweiz reden Gutbier und Hettner, und von gleichen Gebilden in den Grès crétacés des Massivs von Bucegiu in Rumänien spricht E. de Martonne.

Es liegen auch Angaben über Karrengebilde ausserhalb Europas vor. Im Libanongebirge konnte Diener Karren konstatieren, und zwar die entwickeltsten Karren in einer Höhe zwischen 1000 und 1600 *m*; auch im Antilibanon treten sie zwischen Rahleh und Raschàja auf. Karrenähnliche Gebilde werden auf alle Fälle noch im Sinaigebiete gefunden werden; denn die Kreideverwitterungen bei Ras Abu Jenûne zeigen so ganz etwas den Karren Verwandtes, wenn diese Gebilde auch in wesentlich grössern Dimensionen vor unser Auge treten (L. Rütimeyer). Karrenähnliche Bildungen wurden in den Kalksteinen von Mexiko beobachtet (Felix, Lenk). Dass auf den regenreichen Kalkplateaus der Staaten Kentucky und Tennessee ebenfalls Karrenfelder vorkommen, hält Ratzel für wahrscheinlich, er spricht von Karrenfeldern und Karrenbildungen, die in allen geologischen Formationen vom Silur bis zum jungen Korallenkalke verbreitet sind und im Nordland sowohl, wie in Indien, Jamaika, Kuba und Yukatan vorkommen.

Ein Überblick über die gesamten jetzt vorliegenden Beobachtungen lehrt, dass die Verbreitung von Karren und karrenähnlichen Gebilden sehr ausgedehnt ist, sowohl im horizontalen wie im vertikalen Sinne —; er drängt vorderhand zu den Schlüssen, dass die Karren weder ein spezielles Alpen-, noch ein spezielles Karstphänomen sind, dass sie in verschiedenen

Klimaten vorkommen, dass sie auch nicht an bestimmte Höhenlagen gebunden sind, dass aber ihr typisches und zahlreichstes Auftreten an die Nähe der untern Schneegrenze geknüpft und in der Gestalt von Karrenfeldern am besten auf der nördlichen Kalkzone der Alpen entwickelt ist.«

Die Gebirgssysteme der Balkanhalbinsel. Prof. Dr. Cvijič hat sich über die Ergebnisse seiner Untersuchungen der tektonischen und geomorphologischen Verhältnisse der Balkanhalbinsel verbreitet. Was die tektonischen Probleme anbelangt, so äusserte er sich im wesentlichen wie folgt:[1])

Es kommen auf der Balkanhalbinsel vier selbständige Falten- und Gebirgssysteme vor: das dinarische, das griechisch-albanische, der Balkan und die Transsylvanischen Alpen; zwischen denselben befindet sich die Rhodopemasse.

Die Falten des dinarischen Systemes zeigen zahlreiche, gleichsinnige Abweichungen von der Nordwest-Südostrichtung, welche bisher als die Leitlinie des ganzen Systemes galt, und sie setzen sich von der Ebene von Skutari nicht weiter nach Süden fort.

Die dinarischen Falten biegen oft, selbst im Norden des Systemes, nach Osten und Nordosten um, und diese Erscheinung wiederholt sich immer häufiger, je weiter man nach Süden fortschreitet. Einzelne Gruppen der Falten verhalten sich dabei selbständig: die einen biegen nach Osten und Nordosten um, die andern gehen weiter in der Nordwest-Südostrichtung vorbei. Dadurch erhalten die dinarischen Falten eine kulissenförmige Aufeinanderfolge. Der Faltungsvorgang hat sich also wesentlich anders gestaltet als im Juragebirge oder in den Alleghanies, deren Falten eine und dieselbe Richtung konstant behalten.

Der Umbiegungsvorgang hat die ganze Schichtserie vom Paläozoicum bis zum Neogen ergriffen, dasselbe zeigen selbst die sarmatischen Schichten an der Drina. Weiter sieht man, wie die Schichten einer und derselben Formation aus der Nordwest-Südost- in die Nordostrichtung übergehen. Die 2 Faltenrichtungen können also nicht auf zwei, dem Alter nach verschiedene Faltungsvorgänge zurückgeführt werden, sondern auf einen. Dieselbe Umbiegung in die östliche und nordöstliche Richtung zeigen auch die Brüche und Überschiebungen. Es ist wahrscheinlich, dass einige als transversal bezeichnete Brüche des dinarischen Systemes zu dieser Kategorie gehören.

Beinahe alle äussern östlichen Falten des dinarischen Systemes biegen in eine östliche oder nordöstliche Richtung um und treffen in Westserbien mit der alten Masse zusammen. Die jungen Falten stossen aber quer, in der Richtung ihrer Längsaxe, auf die alte Masse. Durch die Aufstauung, die sie dabei erfuhren, wurde ihr Verlauf in der Horizontalen zickzackförmig, ihre Leitlinie bekam also einen gewundenen Verlauf. Wir nennen sie gewundene Falten. Sie sind vorzugsweise in den paläozoischen Schiefern, in den Werfener Schiefern und Sandsteinen, dann im Flysch entwickelt, kommen aber auch in den Kreidekalken vor. Beim Zusammentreffen der 2 Systeme von jungen Falten, wie bei Alessio, entstehen keine gewundenen Falten. An das erwähnte bestimmte Zusammentreffen gebunden, sind diese Falten eine neue tektonische Form; man beobachtete bisher nur jene Störungen, welche beim Zusammentreffen einer alten Masse und jener jungen Falten entstehen, die parallel ihrer Längsaxe an eine alte Massestossen.

An der Grenze zwischen dem dinarischen Systeme und der alten Masse finden sich oft Brüche, welche eine Nordwest-Südost- oder Nord-Südrichtung haben, wie jene von Mitrovica, dann die im Ibarthale und im

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1902. p. 210ff.

Westen vom Rudnikgebirge. Längs derselben fanden Ergüsse von jungeruptiven Gesteinen statt, so dass die dinarischen Falten von der alten Masse oft durch solche Zonen von eruptiven Gesteinen getrennt sind. Diese Thatsache ist auch dadurch auffallend, dass jungeruptive Gesteine innerhalb des dinarischen Systemes beinahe vollständig fehlen.

Die Störung der normalen dinarischen Leitlinien, welche durch die Umbiegungen entsteht, kommt auch im Gebirgsstreichen zum Ausdrucke. Sie hat eine Bedeutung für die Plastik des dinarischen Gebirgssystemes. In Westserbien haben alle östlichen dinarischen Gebirge ein westöstliches Streichen. In Bosnien, in der Herzegovina, insbesondere in der südöstlichen Hälfte von Montenegro, kommen kleine Gebirge vor, deren Gebirgskämme ein Nordoststreichen zeigen, und die als eingeschaltet zwischen den Graten mit dinarischer Richtung erscheinen. Es scheint ferner, als würde durch dieses abweichende Schichtstreichen die Plateaubildung gefördert; die Plateaus sind im Gebiete der umgebogenen Falten besonders häufig. Man bemerkt auch eine, freilich nicht bedeutende Wirkung dieses Schichtstreichens auf die Thalbildung, eine weit grössere dagegen auf die Karstformen.

Die Erscheinung des Umbiegens der Falten verstärkt sich gegen Südost. Von Cetinje und Taraboš an biegen alle Falten nach Nordosten um, nicht aber alle unter derselben geographischen Breite; bei einer Gruppe vollzog sich dieser Vorgang nördlicher, bei der andern weiter im Süden, so dass auch diese Falten eine kulissenförmige Aufeinanderfolge zeigen. Es verstärkt sich also der Vorgang, und es verdichten sich die umgebogenen Falten in solcher Weise, dass sie jene grosse Scharung zustandebringen, welche in den Prokletije auftritt. Die Höhe der Gebirgsketten des dinarischen Systemes steigt in der Südostrichtung, und es ist merkwürdig, dass die gescharten Ketten die grössten Höhen erreichen. Mit diesen endet das dinarische System, weil es weiter im Süden keine andere orographische noch geologische Fortsetzung hat.

Im Süden kommen zuerst die 3 Scharungsbecken von Medua, von Scutari und von Metohija, dann ein einheitliches Falten- und Gebirgssystem, welches sich durch ganz Albanien nach Griechenland fortsetzt. Wir nennen es das griechisch-albanesische System. Seine Falten und Gebirgszüge haben in der Regel eine NS- oder NNW—SSO-Richtung, zeigen aber 3 Abweichungen von dieser normalen Richtung. In Mittelgriechenland biegen die Falten nach Osten und in den akrokeraunischen Gebirgen nach WNW um. Viel wichtiger aber ist die dritte Umbiegung; sie vollzieht sich im Flussgebiets der vereinigten Drim. Alle albanesischen Falten von Valona im Süden bis an den Drim im Norden streichen normal. Hier biegen sie nach Nordosten um und bilden die hohen Gebirge: den Paštrik, den Koritrik, vielleicht auch das Šar-Gebirge, dann die weit niedrigern Kämme von Haimelit, Kalmetit und Šelbumi. Das sind die gescharten albanesischen und altserbischen Gebirge, welche zu den höchsten des albanesisch-griechischen Systemes gehören. Sie erheben sich als ein Pendant gegenüber den gescharten dinarischen Ketten, sind aber weniger hoch als diese.

Prof. Cvijić weist weiter auf einige geologische Unterschiede zwischen dem dinarischen und dem griechisch-albanesischen Systeme hin. »Das erstere ist im grossen und ganzen symmetrisch gebaut. Durch die Mitte desselben ziehen die höchsten Gebirgszüge, in ihnen treten die paläozoischen und Triasgesteine zu Tage; beiderseits folgen die jurassischen und tertiären Schichten. Die vollständige Symmetrie wird durch die verschiedenartige Ausbildung der Flysch- und Neogenablagerungen gestört. Der eigentümliche bosnische Flysch mit zahlreichen Serpentinmassen tritt im Südwesten des dinarischen Systemes nicht auf, erscheint aber merkwürdigerweise jenseits des Adriatischen Meeres, in Italien. Weiter fehlt im Südwesten der dinarischen Zentralaufwölbung das marine Neogen, es erscheint aber ebenfalls wieder auf dem andern Gestade der Adria. — Im Gegensatze dazu

hat das albanesische Gebirge, soweit es bis jetzt bekannt ist, einen asymmetrischen geologischen Bau. Die ältesten, die paläozoischen und triadischen Gesteine, treten im äussersten Osten des Gebirgssystemes, in der Galičica, dann im Paštrik, Koritrik und Šar auf. An diese Zone lehnt sich im Westen zuerst eine breite Flyschzone, dann ein schmaler Streifen des marinen Neogen. Dieser Flysch mit Serpentinen zeigt den Charakter des bosnischen Flysches und unterscheidet sich wesentlich von den als Flysch bezeichneten Gesteinen im Südwesten der dinarischen zentralcn Aufwölbungszone, also von den Flyschvorkommnissen in Montenegro, Dalmatien u. s. w. Das marine Neogen, das im Westen des albanesischen Systemes auftritt, steht ebenso im Gegensatze zu den neogenen Süsswasser-Ablagerungen, die in den Becken der südwestlichen Hälfte des dinarischen Systemes hier und da zum Vorscheine kommen.

Der am meisten auffallende Unterschied aber zwischen diesen beiden Gebirgssystemen liegt in der Kalkentwickelung. Die triadischen, jurassischen, cretacischen und eocänen Kalke und Dolomite erreichen im dinarischen Systeme eine solche Verbreitung und Mächtigkeit, wie in keinem andern Gebirgssysteme Europas. An sie ist jene reiche und ausgeprägte Entwickelung des Karstphänomens geknüpft, das den wesentlichsten Charakterzug der Formen des dinarischen Systemes bildet. Im albanesischen Systeme treten Schiefer, Sandsteine, Konglomerate, mergelige Kalke, selten und in geringer Mächtigkeit die reinen Kalke auf; eine Ausnahme bilden die bekannten mächtigen Kalkinseln vom Šar, Korab und von der Galičica. Der geringen Kalkverbreitung entsprechend, tritt das Karstphänomen hier nur sporadisch auf; seine Formen und Erscheinungen bleiben auch an Grösse weit hinter jenen des dinarischen Systemes zurück. Dasselbe gilt für die Karstgebiete in Epiros, von denen ich einige aus eigener Anschauung kenne, selbst für die Karstgebiete Griechenlands.«

Eine merkwürdige Erscheinung sind jene, aus Radiolitenkalk aufgebauten Kämme, die sich aus der Ebene von Scutari erheben, und die zwischen dem dinarischen und griechisch-albanesischen Faltensysteme eingeschaltet sind. Prof. Cvijič bezeichnet sie als resistente dinarische Kämme. »Sie stimmen in der Richtung der Falten, in ihrem geologischen Aufbaue und in der Plastik mit den dinarischen Gebirgen überein, stehen aber im grössten Gegensatze zu den albanesischen Gebirgen, mit welchen sie bei Alessio unmittelbar zusammentreffen.

Der Balkan und die Transsylvanischen Alpen gehen nicht durch Torsion ineinander über. Der westliche Balkan stellt eine selbständige Faltenzone gegenüber dem zentralen und dem östlichen dar; überdies bildet er nicht eine Kette, sondern wird in zahlreiche Virgationsketten zerlegt. Seine Leitlinien biegen in Ostserbien nach Westen um und stossen unter merkwürdigen Erscheinungen auf die alte Masse. Die Transsylvanischen Alpen, die sich tektonisch vom westlichen Balkan wesentlich unterscheiden, insbesondere einen unbedeutenden Faltungsvorgang aufweisen, biegen in Ostserbien nach Osten um und tönen in den ungestörten sarmatischen Schichten der bulgarischen Donauplatte aus. Zwischen diesen beiden Faltensystemen befindet sich das geräumige, mit zahlreichen Andesiteruptionen ausgefüllte Becken der Crna-Reka (mit der Stadt Zaječar).

Die Rhodopemasse zeichnet sich durch zwei tektonische Vorgänge aus; durch die Faltung und durch die Senkungen. Die erstere hat alle Schichten bis zum Oligocän, stellenweise auch das untere Oligocän ergriffen. Der Senkungsvorgang begann im Oligocän und setzt sich auch heute fort. Es scheint, dass seine Intensität von Norden nach Süden zunahm. Die Oberflächengestaltung des Rhodopesystemes ist von der Faltung unabhängig, die Brüche und Senkungen schufen die heutige Plastik, das Gebirgs- und das Schichtstreichen stimmen nur ausnahmsweise überein; durch den letztern tektonischen Vorgang sind die zahlreichen Becken entstanden, und ins-

besondere durch diese unterscheidet sich die Rhodopemasse morphologisch von den junggefalteten Gebirgssystemen der Balkanhalbinsel. Die Randpartien der Rhodopemasse im Osten der griechisch-albanischen und im Süden des balkanischen Systemes verhalten sich in solcher Weise, dass man sie als ein Zwischenglied oder als eine Übergangszone zwischen den gefalteten Gebirgen und der echten alten Masse betrachten muss. Durch die erwähnten Eigenschaften unterscheidet sich die Rhodopemasse wesentlich von der böhmischen Masse und von der Meseta.«

Der Aufbau Eurasiens. Die erste Hälfte des 3. Bandes des grossen Werkes: »Das Antlitz der Erde« von E. Suess, beschäftigt sich mit dem Aufbaue der grossen nordöstlichen Festlandmasse der Erde, welche man als Eurasien bezeichnet. Es ist zwar auch in diesem Bande viel Hypothetisches, über das man sich durch die Form der Darstellung nicht täuschen lassen darf, allein das Werk selbst hat doch eine grosse Bedeutung.

Suess teilt die Dislokationen der Erde in 2 Gruppen, in solche, die aus Faltung, und jene, die aus Senkung hervorgehen; in seinen hier besprochenen Studien behandelt er zwar nicht ausschliesslich, aber doch der Hauptsache nach die Faltung, während die nähere Betrachtung von Bruch, Riss, Senkung, sowie der Beziehungen der geschmolzenen Felsarten zur Stratosphäre spätern Abschnitten vorbehalten bleibt.

Er bezeichnet es als Aufgabe der heutigen Geologie, die in der Gestaltung der Erdoberfläche erkannten Faltenzüge zu grössern Einheiten zu vereinigen, auf dem Wege dieser Synthese fortzuschreiten und den von der Natur auf das Antlitz der Erde geschriebenen Plan der Leitlinien zu ermitteln. Das hat seine grossen Schwierigkeiten und ist bezüglich der von einem zusammenhängenden Ozeane bedeckten südlichen Hälfte der Erde zur Zeit überhaupt unausführbar. Der Versuch, den Suess unternimmt, beschränkt sich deshalb auf den Norden, nämlich auf die nördlich von der Südgrenze Eurasiens und vom karaibischen Golfe gelegenen Teile der Erde. Auch hier sind die Schwierigkeiten noch sehr gross und die Ergebnisse mehr oder minder hypothetisch. Als Grundthatsache betont Suess, dass alle ältesten Felsarten der Erde Faltung oder eine der Faltung gleichwertige Pressung erfahren haben. An manchen Stellen, z. B. bei St. Petersburg, wo kambrische Sedimente flach auflagern, schlummert die faltende Kraft der Erde seit uralten Zeiten, während wieder in andern Gegenden selbst junge Sedimente an der Faltung teilnehmen. Das beweist, dass die faltende Kraft einst über den ganzen Erdball thätig war, heute aber örtlich beschränkt ist, oder auch, wie man sagen kann, dass sie mit dem zunehmenden Alter der Erde an Ausdehnung abgenommen hat. In seinen frühern Arbeiten konnte Prof. Suess nur Bruchstücke der von ihm sogenannten Leitlinien ohne Zusammenhang darbieten; eine Verbindung und eine synthetische Zusammenfassung derselben war aber damals unmöglich, weil die mittlern Teile Asiens, in welchen der Zu-

sammenschluss der Bogen gesucht werden müsste, Sibirien und die Mongolei, geologisch noch undurchforscht waren. Das hat sich seitdem durch die unermüdliche Thätigkeit russischer Forscher geändert. und auf deren Arbeiten baut nun Suess seine weitern Schlüsse auf, aber unter dem ausdrücklichen Vorbehalte vielfacher späterer Richtigstellung derselben. An solcher wird es auch zweifellos nicht fehlen, denn man darf keinen Augenblick vergessen, dass die Schlussfolgerungen, welche Prof. Suess zieht, zum Teil doch nur auf hypothetischen Unterlagen beruhen. Die Annahme, dass alle Dislokationen der Erde lediglich aus Faltung und Senkung hervorgehen, mag ja sehr vieles für sich haben, aber in dieser Beschränkung bleibt sie immerhin hypothetisch, weil kein Beweis beigebracht werden kann, dass Bewegungen anderer Natur notwendig ausgeschlossen werden müssen. Eine fernere Grundlage der Schlüsse bilden die geographischen Karten der Bodengestaltung Asiens, und sie sprechen so beredt, dass ohne sie Schlüsse über die bogenförmige Aneinanderreihung der vertikalen Erhebungen nicht zu ziehen wären, allein ihre Sprache ist keineswegs eindeutig, sondern lässt verschiedene Auffassungen zu; endlich bildet die Erforschung der Beschaffenheit und Natur der Felsmassen, die eigentliche geognostische Durchforschung der behandelten Gebiete, die zweite notwendige Unterlage, und diese ist noch weit davon entfernt, genügend durchgeführt zu sein. Diese Umstände darf man keinen Augenblick ausser acht lassen, wenn man die richtigen Gesichtspunkte für eine kritische Würdigung der grossen Arbeit von Suess festhalten will.

»Legt man eine Karte Asiens vor sich, so erblickt man in der vertikalen Konfiguration dieses Erdteiles im Osten überall Bogenstücke, am Meeresufer wie in den Kränzen von Inseln, Bogenstücke im Süden, dann am Ganges, am Indus, weiter im Innern auch in Iran, im westlichen Kuenlun; dann folgen die ausstrahlenden Äste des Tian-shan. »Bald sind die Bogen stärker, bald minder stark gekrümmt, bald gegenseitig sich hemmend, bald abgelenkt an zwischenliegenden Schollen, aber doch sichtlich harmonisch, d. i. nach einem einheitlich die Gesamtheit beherrschenden Plane gelagert, welcher das Vorhandensein eines gemeinsamen Scheitels im Innern des ganzen Aufbaues vermuten lässt. Dieser einheitliche Scheitel liegt in der Nähe eines bogenförmig geordneten Bruches, welcher wie ein Amphitheater die Gegend von Irkutsk umgiebt. Nahe dem östlichen Rande dieses Amphitheaters liegt der Baikalsee.« Diese bogenförmige Anordnung der Gebirgsmassen Asiens spielt in der Suessschen Auffassung die grösste Rolle. »Könnte man,« sagt er, »das Meer entfernen, so würden diese aus grossen Tiefen aufsteigenden Inselbogen alle als gewaltige Gebirgsketten erscheinen. Bogen reiht sich an Bogen. Man kennt gegen den Ozean hin keine Grenze der wunderbaren bogen-gebärenden Macht, welche vom eurasiatischen Scheitel ausgeht.«

Von den gefalteten Bogen der Peripherie gegen das Amphitheater von Irkutsk vordringend, erkennt man, wie nach innen hin die typischen Gestalten der Berge sich verändern. Draussen am Rande des grossen Aufbaues sehen wir in der Nähe des Meeres zahlreiche Vulkane, dann gegen die Mitte hin folgen »die weiss erglänzenden Riesen der Hochgebirge, behängt mit Gletschern, Gauri sánkar, Mustag Ata, die tibetanischen Ketten. Dann die nackten langen Felsmauern der Gobi, sich erhebend über ihren Bel, d. h. über einen horizontal geschichteten Sockel, welcher unter scharfem Gegensatze der Umrisse jede einzelne dieser Felsmauern umgiebt. Dann, wenn wir in die nördliche Mongolei gelangt sind, begegnen wir Gegenden, welchen das Alter die Reize genommen hat. Von den höhern Regionen des Altai bis in den Süden des Baikal und bis gegen den obern Amur und das Ochotskische Ufer sieht man entweder völlig abgetragenes oder in stumpfe Horste aufgelöstes Gebirgsland oder endlich die bezeichnenden »monomorphen Gestalten«, wie sie Radde nennt. Es sind mehr oder minder vereinzelte oder gruppenweise nebeneinander stehende stumpfe, gerundete Kegel, von einer breiten Grundfläche hoch aufragend über die Grenze des Waldwuchses. Schutt und Blöcke, dazwischen Striemen und Flecken von Schnee bedecken ihre Abhänge. »Goletz«, d. h. Glatzkopf, nennt man sie in Sibirien. Die Gipfel der Bjelucha im Altai, Munku Sardyk am See Kossogol, Sochondo und viele höhere Gipfel dieser alten Gebirge nehmen mehr oder minder diese Gestalt an. Dann, jenseits der Quellen des Wilui, weit draussen in der nordischen Einöde, werden wir ausgedehnte Tafelberge kennen lernen, deren Fuss und Abhänge aus flachgelagerten altpaläozoischen Sedimenten bestehen, während das Dach von einer Decke von basischem Effusivgesteine gebildet wird. Oft ist dieses Dach eben wie ein Brett, oft auch durch Klüftung und Ausspülung aufgelöst in eine Krone von wilden und gespensterhaften Zacken, an welchen der Aberglaube der Tungusen haftet. Endlich ist die Tundra erreicht mit den flachen mesozoischen Transgressionen und das Gestade des Eismeeres.«

Die Felsarten und Faltungen des Scheitels sind von sehr hohem Alter; Granit, Gneis und Hornblendegneis bilden den grössten Teil seiner langen Rücken, und die Falten selbst sind ohne Zweifel älter als die ältesten (cambrischen) Sedimente in dem uralten Erosionsthale der Lena. Neben den archäischen Felsarten finden sich dort vereinzelt eruptive mit wenigen Schollen jüngerer Süsswasserbildungen, ohne jede fossilführende Meeresablagerung mit Ausnahme von devonischen Schichten in der äussersten Peripherie des Südostens. Der Osten des Scheitels ist durch sehr lange Gräben in lange, mehr oder minder parallele Horste zerteilt. Diese Gräben folgen bald auf lange Strecken den baikalschen Falten, bald durchschneiden sie dieselben. Es ist, als wäre der alten Faltung eine Spannung oder Zerrung in annähernd ähnlicher Richtung nachgefolgt. Junge Laven

in Kratern deuten an, dass dieser Vorgang, welchen die neuern russischen Forscher, und ihnen sich anschliessend Suess, als »disjunktive Dislokation« bezeichnen, noch nicht abgeschlossen ist. Der Baikalsee dürfte nach Suess durch einen solchen disjunktiven Vorgang während der mittlern Tertiärzeit entstanden sein. Ein grosser Teil der westlichen Hälfte des Scheitels wurde in früher Zeit versenkt, und dadurch wurde das Amphitheater von Irkutsk gebildet. Suess behandelt eingehend das grosse Gebiet von der untern Schilka bis zum Ostufer Sachalins und vom Thale der Ochota bis zum Fusiyama. Über die fruchtbaren Ebenen des Amur hin bis zu den Einöden Sachalins und den grossen Meerestiefen der japanischen Küste findet er eine gemeinsame Anordnung der Leitlinien, welche, indem die Richtung sich mehr und mehr gegen Norden wendet, in der Konvergenz aller Ketten gegen den Norden des Ochotskischen Meeres Ausdruck gewinnt. Das Bild erweitert sich noch wesentlich durch Einbeziehung der Bonininseln, die wahrscheinlich einen ähnlichen Bau besitzen wie Liukiuinseln und die Marianen.

Auf Grund älterer Forschungen ist anzunehmen, dass ein Teil des mittlern Afrika, Madagaskar und das Inselland der Indischen Halbinsel, seit dem Schlusse der Karbonzeit ein Festland bildeten, das Suess Godwánaland nennt. Es war im Norden begrenzt durch eine breite Zone von Meeresbildungen der mesozoischen Epoche, die sich von Sumatra und Timor über Tonkin, Yünnan zum Himalaya und Pamir, Hindukusch und nach Kleinasien erstreckte. Sie ist in ihrer Gesamtheit als der Rest eines Meeres anzusehen, welches quer über dem heutigen Asien lag. Dasselbe wurde von dem berühmten österreichischen Geologen Neumayr als das zentrale Mittelmeer bezeichnet. Suess giebt ihm den Namen Tethys. Das heutige Mittelländische Meer ist noch ein Rest dieser Tethys. Die pflanzenführenden Schichten Chinas, der Mongolei und Sibiriens beweisen die voreinstige Existenz eines zweiten grossen Festlandes der mesozoischen Zeit, nördlich von der Tethys; nach dem nahe seiner Mitte gelegenen Flusse Angara nennt Suess dasselbe Angarafestland. Das heutige Asien ist nun durch das Verschwinden des Tethysmeeres und durch die Vereinigung des alten Angarafestlandes mit dem indischen Bruchstücke des Godwána-Kontinents entstanden.

Folgende Einzelheiten unterscheidet Suess im Baue und der Geschichte Asiens: zuerst den alten Scheitel mit der cambrischen Insel, die sinische Scholle von Ordos bis Korea und das indische Bruchstück des Godwánalandes, hierauf den Jarkendbogen, dann den jüngern Scheitel mit den Altaiden, im Osten ausströmend bis zu den Philippinen und der Bandasee, im Westen sich öffnend in den Tian-schan und eintretend nach Europa, im Südwesten sich ziemlich nahe verbindend mit dem iranischen Bogen. Zwischen beiden durch den indischen Horst getrennten Teilen wird in Fortsetzung des

Jarkendbogens der Himalaya aufgebaut. Die schichtförmigen Decken, welche an diesem Baue teilnahmen, sind, abgesehen von den archäischen Felsarten und den vulkanischen Produkten, normale Meeresbildungen, Bildungen in abgetrennten und verdampfenden Meeresteilen, limnische Transgressionen, dargestellt durch grosse Flächen von süssem Wasser und Wüstenbildungen. Die pflanzenführenden Schichten lehren, dass der östliche Teil des Angaralandes seit ausserordentlich langer Zeit, in gewissen Gebieten seit der Karbonepoche, als weites Festland bestand, allerdings oftmals bedeckt von ausgedehnten Flächen süssen Wassers. Im Laufe der Zeiten hat sich dieses Gebiet trockenen Landes schrittweise ostwärts hin erweitert, wie die mesozoischen Meeresablagerungen gegen den Stillen Ozean hin erweisen. Hier also ist es ausnahmsweise möglich, mit etwas mehr Bestimmtheit die Stetigkeit des Festlandes zu ermitteln, und jene Region der Erdoberfläche war demnach ziemlich während des ganzen ungeheuern Zeitraumes, welchen die fossilführenden Sedimentärformationen umfassen, eine Zufluchtsstätte der Landtiere und der Bewohner des Süsswassers, wenn auch, wie Suess betont, nicht die einzige Region, von der, je nach Gunst der Verhältnisse, neue Besiedelungen ausgehen konnten.

Vom Eismeere bis zum Mittelmeere besteht keine natürliche Grenze zwischen dem östlichen und westlichen Eurasien, tektonisch sind beide Teile untrennbar. Der Ural ist eine Gruppe posthumer Schuttfalten. So wie in Ostasien die faltende Bewegung gegen Ost, in den Grenzbogen gegen Süd, so richtet sie sich im Ural gegen West, aber er ist kaum als peripherische Bildung zu betrachten, weil die grosse russische Tafel, daher ein beträchtliches vorcambrisches Stück, noch westwärts von ihm liegt. Sie aber ist, wie Suess findet, ein Teil des alten vorcambrischen Scheitels, der sich ostwärts bis ins pazifische Meer ausdehnt. Der Kaukasus gehört zu den Ästen des Thian-schan.

Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. Auf Grund eingehender Untersuchungen in Asien und Ungarn hat Eugen v. Cholnoky in der ungarischen geologischen Gesellschaft eine Darstellung der Bewegungen und Formen des freien Flugsandes gegeben, die die bisherigen bekannten Thatsachen und Folgerungen in wesentlichen Stücken ergänzt und berichtigt.[1]) Er hebt zunächst hervor, dass die vollkommen gleichmässige Färbung des Sandes und seine weichen Formen Anlass geben zu den grössten perspektivischen Täuschungen. Die überaus flachen, kaum mit 2—3° geneigten Böschungen, die auf dem grössten Teile der Flugsandhügel beobachtet werden können, nimmt das ungeübte Auge kaum war. Bei hochstehendem, strahlendem Sonnenlichte sieht man keinerlei Unebenheiten auf den Sandböschungen,

[1]) Földtani Közlöny 1902. 32. p. 106ff.

nur jene verhältnismässig steilen, etwa 33—34° geneigten Böschungen bemerkt man, die sich von den überaus flachen Abhängen der Hügel scharf abheben. Wenn aber die Sonne sinkt, so dass die sanft geböschten Hügel eine stärkere Seitenbeleuchtung erhalten, belebt sich mit einem Male der vorher flach erschienene Abhang der Hügel, und man erhält ein Bild, das dem wogenden Wasser verglichen werden kann, umsomehr, da sich diese Hügel mit dem Winde fortwährend vorwärts bewegen, ihren Ort, ihre Form und Grösse verändernd. Schon die feine Rippelmarkung erinnert lebhaft an die auf der Oberfläche des Wassers entstehenden Kreiselungen; die wunderbare Gleichmässigkeit der Rippelmarken lässt aber diesen Vergleich ziemlich oberflächlich erscheinen.

Die Barkhane (d. i. die langgezogenen Sandhaufen) und Dünen werden im allgemeinen so gezeichnet, dass ihr höchster Punkt dort liegt, wo die dem Winde zugekehrte, sanft geböschte Seite sich mit der steilen Sturzhalde berührt. Nennen wir diese Linie der Kürze halber Gesimslinie. Den höchstgelegenen Teil dieser Gesimslinie pflegt man als den höchsten Punkt des Sandhügels zu bezeichnen und darzustellen. Wo aber von sorgfältigerer Beschreibung oder Messung die Rede ist, zeigt sich sofort der Irrtum; nur in Ausnahmsfällen ist dem so.

Auch Sven Hedin bestätigt dies, der über die Sandhügel in der Wüste Takla-makan folgendes schreibt: »Gegen die vorherrschende Windrichtung ist der Abhang sehr langsam, oben $\pm$ 0° oder sogar — 3° und mehr, d. h. die Düne fällt ein wenig nach der Leeseite über, sonst fällt der Abhang der Luvseite allmählich zum Fusse des steilen Abhanges der nächsten Düne.« Täuschungen dieser Art ist auch die Entstehung der stark halbmondförmigen Zeichnung von Barkhanen zuzuschreiben. Je vollkommener ein Beobachter ist, desto gestreckter zeichnet er die Barkhane, jedoch nur die Photographie ist im stande, die Form derselben naturgetreu wiederzugeben.

Bei Betrachtung der schönen Barkhane in der mongolischen Steppe und der über die riesigen Schuttkegel des Hoang-ho und Pei-ho ziehenden Sandhügel überzeugte sich E. v. Cholnoky davon, dass der Barkhan die Grundform oder vielmehr die endgültige Form der Sandhügel ist und während seines Vorrückens ohne aussergewöhnliche Einflüsse diese Form nicht mehr ändert. Dies war eine Erfahrung, die den bisherigen schnurstracks zuwider scheint, da bisher jeder Naturforscher die auf die Windrichtung vertikal stehenden langen Wälle, die sogenannten Dünen, für die Grundform hielt.

E. v. Cholnoky untersucht nun genauer die Sandformen und gelangt dazu, jede einzelne Form genetisch zu klassifizieren. »Wenn sich,« sagt er, »auf einem ganz freien, flachen Terrain ein Sandhügel erhebt und denselben ein Wind von konstanter Stärke und Richtung angreift, beginnt der Hügel sofort seine Form zu verändern. Jede Unebenheit wird geglättet, auf der Luvseite dadurch, dass der

Wind die unregelmässigen Erhebungen wegfegt, auf der Leeseite hingegen die Unregelmässigkeiten mit dem von der andern Seite gebrachten Sande verschüttet. Dabei wird der Hügel, wenn er zu hoch war, niedriger; etwas Sand aber fegt der Wind ganz fort. Sehr grosse Stürme reissen auch vom Gipfel des Hügels Sand fort und tragen denselben in der Luft über weite Strecken; die grösste Menge des Sandes aber wird am Fusse zu beiden Seiten des Hügels weggetragen. Schliesslich nimmt der Hügel eine Form an, an welcher der Wind nichts mehr ändert; er verringert höchstens nur die Dimensionen desselben, indem er ihm Sand entführt, oder aber er vergrössert ihn, wenn in der Umgebung andere Hügel vorhanden sind, dadurch, dass er von denselben mehr Sand bringt, als er von dem untersuchten Hügel forträgt. Von der Luvseite führt der Wind den Sand immerwährend fort und lagert ihn auf der andern Seite ab. Dadurch bewegt sich der Hügel beständig vorwärts, verändert aber seine Form nicht. Diese Form ist der Typus der Sandhügel, der jede Form zustrebt. Nennen wir dieselbe typischen Barkhan. Wir finden sie in der Wüste selten, da verschiedene andere Umstände mitwirken, wie: die Unebenheiten des Bodens, die überdichte Anordnung der Barkhane, die Feuchtigkeit des Bodens und des Sandes, die Vegetation u. s. w.; typische Barkhane finden sich hauptsächlich an solchen Stellen, wo sie die eigentliche Wüste bereits verlassen haben, an den Rand derselben gelangten und noch nicht gebunden wurden. Kleinere sind weniger selten, wir treffen sie als sekundäre Bildungen auf den Rücken grosser Dünen oder aus dem Sande der Flüsse aufgetrieben; die grossen aber sind nicht häufig.«

Den Gegensatz zum Barkhan bildet eine Formation, für welche E. v. Cholnoky den Namen Garmaden vorschlägt, nach dem ungarischen Worte Garmada, welches Fruchthaufen bedeutet. »Wenn,« sagt er, »auf dem Sandgebiete sich aus reinem und freiem Flugsande ein Hügel erhebt, so wird ihn der Wind zu einem Barkhan formen. Befindet sich nun umgekehrt auf dem Sandterrain eine Senke, in die der Wind einzudringen vermag, so wird eine ganz andere, gewissermassen umgekehrte Form entstehen. Während der Barkhan nämlich die Luftströmung zu einer Zerteilung und abermaligen Vereinigung zwingt, treibt die grabenartige Vertiefung den Luftstrom quasi zusammen, wodurch sich der dynamische Druck desselben erhöht, so dass er dazu befähigt ist, eine, nach einer gewissen Gesetzmässigkeit erfolgende Ausweitung des Grabens zu verursachen.

Eine solche grabenartige Vertiefung entsteht z. B. zwischen zwei einander nahestehenden Barkhanen oder aber auf einer langen Düne infolge ihrer sattelförmigen Ausbildung. Besonders die Sättel der Dünen geben Anlass zur Entstehung solcher grabenförmigen Einsenkungen und der damit verbundenen Erscheinungen. Ähnliche Bildungen treten auf gebundenen Sandhügeln auf, wenn der Wind die bindende Decke aufbricht und eine grabenartige Vertiefung hervorbringt.

Die Ausbildung eines solchen Grabens ist bei weitem nicht so einfach wie die Barkhanbildung, So viel ist sicher, dass am Ende desselben eine Erhebung ist, die an die sanft ansteigende hintere Böschung des Barkhans erinnert.

Eine 3. Grundform bildet die Düne, als welche v. Cholnoky alle gegen die Windrichtung quer gestellten, in die Länge gezogenen, vom Winde aufgebauten Sandwälle bezeichnet. Er betont, dass die Dünen mit der Küste immer parallel laufen. Es könne demnach nicht behauptet werden, dass diese Dünenreihen gegen die Windrichtung vertikal ständen, da der herrschende Wind nicht überall senkrecht zur Küste ist.

»Die mit der Küste parallele Richtung der Dünen wird nicht von dem Winde, sondern von der Verteilung der Ursprungsorte des Sandes bedingt. Der Sand taucht am Küstenrande auf, die Aufhäufung desselben durch den Wind geschieht in Form eines der Küste parallelen Walles, der Vordüne, welcher der Wind den Sand zum Baue der wirklichen Düne entnimmt. Wenn der Sand nicht an der Küste, sondern an dem Ufer eines Flusses erscheint, so wird die Vordüne und auch die erste Dünenkette eine mit der Richtung des Flusses parallele Lage einnehmen.

Fasst man alles zusammen, so hat man nach v. Cholnoky folgende 3 Grundformen (mit Ausnahme der Rippelmarkung):

1. Den Barkhan, der das Endresultat jedes auf vollkommen freiem Sandgebiete entstandenen Gebildes ist;

2. den Garmaden, der mit den Windgraben Hand in Hand geht und eine sehr charakteristische Form halb gefestigter Sandgebiete ist;

3. die Düne, die sich als kein beständiges Gebilde, sondern nur als erste Anhäufung erwies, die sich zu Garmaden und Barkhanen umgestaltet und schliesslich ganz zerstückelt wird.

Ausser denselben kommen durch Bindung zustande:

1. Die Anhäufungen um Hindernisse;

2. die feingeschichteten Formen des ausgewehten feuchten Sandes;

3. die Windgraben und ihre Garmaden, die das Relief des gefestigten Sandgebietes verwandeln und in der Richtung des Windes langgestreckte Rücken ergeben.

Die freien Flugsandgebiete zeigen demnach folgende Umwandlung:

1. Am Ursprungsorte des Sandes sehen wir Dünen in mehr oder minder parallele Reihen angeordnet.

2. Diese Dünen zerfallen während ihres Vorrückens in Barkhane und wandern als solche weiter, und zwar bis dahin, so weit sie seit ihrer Entstehung überhaupt gelangen konnten (z. B. bei Dolon-nor oder auf dem Alluvialplateau des Hoang-ho), in welchem Falle wir die regelmässigsten Formen zwischen den am weitest gewanderten finden. Derartiges sehen wir auf der hohen Hügellandschaft zwischen den Flüssen Donau und Tisza, die sich erst heute im Stadium einer neuen Umwandlung befindet. Oder aber:

3. Die Barkhane erreichen eine Stelle, wo sie sich festigen können, und in diesem Falle werden sie durch Windgraben in die Form langgestreckter Rücken überführt. Ein Beispiel dafür ist die Puszta von Deliblat.

4. Wenn sich das Klima auf dem ganzen Flugsandgebiete mit einem Male ändert, so dass dieses sich in seiner ganzen Ausdehnung zu festigen vermag, dann entstehen auf demselben in der Richtung des leistungsfähigsten Windes langgestreckte Rücken.

Die Erosionserscheinungen in der Wüste Gobi hat Prof. Futterer gelegentlich einer Forschungsreise nach Zentralasien studiert und darüber in der geologischen Abteilung der deutschen Naturforscherversammlung zu Hamburg berichtet. Seine Untersuchungen erstrecken sich auf die Teile der Wüste zwischen dem östlichen Ausläufer des Thian-schan, dem Karlük-tag und dem Nan-schan, also über den mittlern Teil der Gobi. Dieses Gebiet ist ein besonders interessantes Stück der zentralasiatischen Depression, das durch Naturkräfte, wie sie auch sonst in der Wüste wirksam sind, ein eigenartiges Gepräge erhalten hat. Zu diesen Agenzien gehören extreme Schwankungen der täglichen und jährlichen Temperatur der Luft, Trockenheit der Luft, starke Wirkung der strahlenden Sonne, wodurch die kahlen Felsoberflächen bis zu 80° erhitzt werden, das bedeutende Überwiegen der Verdunstung über die äusserst geringen und nur sporadisch auftretenden Niederschläge, endlich die Abflusslosigkeit des Gebietes, dessen Gewässer austrocknende, immer stärker salzig werdende Seen in der Mitte der Depression bilden und nach gänzlichem Verschwinden salzdurchtränkte Lehm- und Sandflächen hinterlassen. Als Folge des Mangels an Wasser fehlt die Vegetation, und die kahlen Oberflächen des Wüstenbodens werden von den Winden, die den Sand wie ein Schleifmittel am Boden dahintreiben, auf das mannigfaltigste umgebildet. Höhlungen und bizarre Gestaltungen werden durch den Windschliff und durch die Winderosion an weichem und hartem Gesteine hervorgebracht, doch sind diese Gebilde je nach der Natur der Felsart sehr verschieden. Aber auch auf chemischem Wege entstehen in granitenen Gesteinen sowie in krystallinen Schiefern tiefe Löcher. Zunächst werden durch die Sonne an der Gesteinsoberfläche dünne Plättchen abgesondert, der Wind treibt in die Risse und Sprünge feinen Lössstaub, und dieser bewirkt eine chemische Umsetzung. Es bildet sich ein Loch, und die chemische Wirkung geht immer weiter. Die grossen Höhlungen, welche schliesslich entstehen, sind mit Salzen und andern Verwitterungsprodukten ausgekleidet. Die Analysen derselben ergaben, dass hier hauptsächlich Kochsalz (im Mittel 38.20 %) und nur in geringer Menge Glaubersalz (6.22 %) und Gips (5.3 %) neben Kalk (mit 2.31 %) gebildet werden. Bei den Salzen dagegen, die sich auf dem Lehmboden ausscheiden oder in Tümpeln und Seen Salz-

laugen bilden, überwiegt das Glaubersalz (38.35 %), Kochsalz tritt zurück (7.57 %), Gips noch mehr (2.3 %), ebenso Bittersalz (1.83%), und von Kalk sind nur Spuren vorhanden. Es sind das fundamentale Unterschiede, die auf der Verschiedenheit der Gesteinsarten, welche den chemischen Prozessen unterliegen, beruhen. Die schwarzen Überzüge oder »Schutzrinden« bei Gesteinen entstehen dadurch, dass der Wind mittels feinen Staubes die Gesteinsoberfläche poliert.

Die Rias der Westküste Galiciens schilderte H. Schurtz.[1] Die Westküste Galiciens steht der galicischen und asturischen Nordküste wie eine andere Welt gegenüber. »Einen Übergang zwischen beiden Küstenformen bildet die südwestlich gerichtete Küstenstrecke zwischen Kap Ortegal und Kap Finisterre mit den Rias von Coruña, Betanzos, Ares und Ferrol, die ein zusammengehöriges System darstellen und von den Landbewohnern als die Rias altas, die obern Rias, den Rias bajas der Westküste gegenübergestellt werden. Gerade dieses Übergangsgebiet ist der Aufmerksamkeit besonders wert. Die Art des Gebirges ist nicht ohne Einfluss auf die Küstenbildung. Es sind Urgesteine, in der Hauptsache Granit, die hier an das Meer herantreten, und daraus ergiebt sich schon, dass phantastische Uferbildungen fast ganz fehlen. Wie Galicien überhaupt den Charakter eines deutschen Mittelgebirgslandes mit abgerundeten Höhenzügen und bald breiten, bald schluchtartig verengten Thälern zeigt, so auch die Küste, der die Nähe der Salzflut wohl das grüne Kleid der Wälder und Wiesen zu rauben vermag, bis nur eine kümmerliche Vegetation zurückbleibt, oder der nackte Fels hervorstarrt, aus dessen Granitklippen aber die Brandung doch nur sanftgerundete Blöcke formen kann. Nur wo der Wogenprall des Biskayischen Meeres am ungehemmtesten gegen die Küste schlägt, entstehen steilere Uferbildungen, die aber nie die gewaltige Höhe und den fast senkrechten Absturz der Kreideklippen Rügens oder Südenglands erreichen. Der Granit trotzt dem Meere ganz anders als die weichern Gesteine und weicht nur Zoll für Zoll dem Nagen der Brandung. In den stillern Buchten der Rias hat man thatsächlich noch ganz den Eindruck eines überschwemmten Thales, dessen sanftgeneigte Hänge fast ohne Übergang in den seeartigen Fluten verschwinden. Dass auch die Felsenrippen des innern Landes nicht allzu trotzig zum Himmel starren, dafür sorgt die Feuchtigkeit des Klimas, der sich der Granit weniger gewachsen zeigt als dem Anpralle der Wogen. Wie rasch er verwittert und dann allerlei Flechten und Gräsern einen gedeihlichen Nährboden gewährt, zeigen die alten Granitkirchen Coruñas. So führen denn auch die Flüsse reichlich Sand und Schlick dem Meere zu und füllen allmählich die vom Meere wenig bewegten Hintergründe der Rias aus, während sie dort, wo die Brandung sich ihnen entgegenstellt, zu charakteristischen Strandbildungen gezwungen werden.

[1]) Deutsche geographische Blätter 1902. 25. p. 50.

An den Buchten, die nach dem Meere hin geöffnet sind und von der meist aus Westen oder Nordwesten heranrollenden Dünung des Ozeanes getroffen werden, hat der Kampf zwischen Fluss nnd Meer zu Bildungen geführt, die man wohl am richtigsten als kleine Haffe und Nehrungen bezeichnet. Vielleicht nirgends so klar und schön wie an diesen Miniaturausgaben kann man das Wesen und Entstehen dieser wichtigen geographischen Gebilde studieren. Sie sind hier stets Ergebnisse der Wirkungen, die einerseits der schuttbeladene Gebirgsfluss in seinem Streben nach dem Meere hin und anderseits die ihm entgegenarbeitende Brandung hervorbringen, entstehen also aus einer Art Parallelogramm der Kräfte. Die Einflüsse der Dünung werden hier dadurch vereinfacht, dass die Buchten immer nur ganz bestimmten Richtungen der Meeresbewegung Einlass gewähren, andere dagegen abhalten, so dass alle starken Wellen, die die Küste und die Flussmündungen überhaupt erreichen, stets aus der gleichen Richtung kommen. Je nach der Kraft der Meereswogen sind die Nehrungen am Ausgange des Flüsse mehr oder weniger stark entwickelt.[1])

In den Hintergrund der Ria von Ares mündet der Eume. Dort, wo es den Wellen des Meeres gerade noch möglich ist, zu wirken, hat sich quer vor die Mündung vom Nordufer her eine breite, dreieckige Sandbank geschoben, die im Laufe der Zeit eine ganz feste und dauernde Bildung geworden ist.

Eine klassische kleine Haffbildung hat der Bannnobrefluss hervorgerufen, der am Ostufer der Ria von Betanzos mündet. Beim Austritte aus den Bergen ist er noch ein lustiges Gewässer, wenige Schritte breit und ein paar Fuss tief. Dann aber bildet er, sobald er das Bereich der Ebbe und Flut betritt, ein breites, morastiges Thal, durch dessen Moderbänke er bei niedrigem Wasser in mehrern Armen dahinschleicht. Vor der Mündung liegt eine starke Sandbarre, eine echte Nehrung, und hinter ihr ist der Fluss zu einem kleinen Haffe aufgestaut, das je nach der Höhe des Meeresspiegels bald breiter, bald schmäler erscheint. Hart am rechten oder nördlichen Ufer liegt die schmale Stelle, durch die das Flusswasser in die Ria hinausströmt.

In den Hintergrund der Ria von Betan zosmünden zwei Wasserläufe, der kleine Rio von Oporco und der Mandeo oder Rio von Betanzos. Der erstere wird noch stärker von den Dünungswellen erreicht, und so hat sich denn auch eine kleine Nehrung gebildet, die diesmal vom rechten Ufer her etwa die Hälfte des Mündungstrichters abschliesst. Am Mandeo tritt die Erscheinung schon schwächer auf; vom linken Ufer her schiebt sich eine dreieckige

---

[1]) In Ratzels: »Die Erde und das Leben«, befindet sich (1. p. 480) eine Karte der Rias altas, die ganz leidlich die zu schildernden Verhältnisse zeigt.

Sandbank in die Ria vor, der von der andern Seite ein felsiger Vorsprung des Landes entgegenkommt; so wird auch hier eine Art Haff abgeschlossen, das Schlickbänke enthält, aber nicht als besonders typisch gelten kann. Dafür wirken Ebbe und Flut ungewöhnlich weit das Mandeothal hinauf.

Der Rio del Burgo endlich, der in den Hintergrund der Ria von Coruña eintritt, hat wieder eine echte Nehrung vor seiner Mündung. Die Richtung des Flusses ist genau südnördlich, und die Nehrung geht vom rechten Ufer aus, um bis nahe an den Felsenhang des linken vorzustossen. So bleibt für den Fluss nur ein schmaler Durchgang, den das Wasser mit merklicher Gewalt durchströmt, während es hinter der Nehrung seeartig aufgestaut ist.

So zeigt sich auch an den Flussmündungen die charakteristische Eigenart der Rias altas: sie sind dem Meere weit geöffnet, und zwar einem unruhigen, von starker Dünung und häufigen Stürmen bewegten Meere, das gegen die einströmenden Flüsse ankämpft. Diesem Charakter der Rias entspricht der ernste Zug der Landschaft, das Fehlen der Wälder und freundlicher Dörfer an dem felsigen, von der Brandung benagten Gestade. Nur an den geschützten Stellen entfaltet sich reicheres Leben, aber nirgends so bunt und fröhlich, wie es die südliche Lage des Landes erwarten liesse. Einzig die Ria von Ferrol bietet ein mehr heiteres Bild und ähnelt auch darin, wie in ihrer Richtung und sonstigen Beschaffenheit, den Rias bajas der galicischen Westküste.

Die Rias bajas unterscheiden sich von den Rias altas durch ihr südwestlich gerichtetes Streichen. Schon diese Eigenart hat ihre bedeutsamen Folgen: Die Buchten stehen infolgedessen der aus Nordwesten oder Westen heranbrausenden Dünung nicht offen, sondern nur der seltenern südwestlichen, und sie sind durch die zwischen ihnen in gleicher Richtung hinziehenden gebirgigen Halbinseln auch gegen die Nord- und Westwinde gut geschützt. Dazu kommt noch, dass der Eingang der meisten Rias bajas durch vorgelagerte Klippeninseln gegen den Andrang der Wellen noch mehr gesperrt ist, während in den Rias altas höchstens dürftige Felsenbrocken, wie die bei Coruña, auf denen das Fort St. Antonio erbaut ist, in das Meer vorspringen. Nur die Ria von Noya ist ohne Inselschutz; vor der von Arosa liegt dagegen die Insel Salvora und weiter im Innern noch die Insel Arosa, die von Pontevedra ist durch die Onsinsel gedeckt, und die von Vigo vollends ist durch eine Kette felsiger Eilande, die Cies- oder Bayonainseln, vor den Stürmen des Meeres geschützt.

Dass alle diese Vorzüge auf den Charakter der Landschaft günstig wirken müssen, ist leicht zu ermessen. Wer die Rias altas besucht und dann auf der Hochebene von Santiago die Rauheit des galicischen Binnenlandes mit seinen Heide- und Moorflächen, seinen kahlen Bergen und sumpfigen Thälern kennen gelernt hat, betritt

beim Hinabsteigen zu den Rias bajas eine neue, schönere Welt; ähnlich den norditalienischen Seen breiten sich die stillen blauen Fluten der Rias im Sonnenscheine vor ihm aus, fröhliche Fischerdörfer haben sich dicht an den freundlichen Gestaden angebaut, Wein und Obst wachsen in Fülle an den Hängen der Berge, und weisse Landhäuser, die allenthalben aus dem Grün hervorlugen, lassen erkennen, dass sich die Spanier der heissen Hochebene im Sommer gern nach diesen lachenden Buchten retten, wo der kühle Seewind die Glut der Sonne mildert, und die lauen Wogen zum Bade einladen.

Dem Charakter der Rias bajas entsprechend, zeigen die in sie einmündenden Flüsse keine eigentliche Haffbildung, wenn auch Ansätze dazu vorhanden sind. In die nördlichste der Rias, die Ria de Muros y Noya, wie sie auf den Karten heisst, ergiesst sich der Tambre; die südliche Hälfte der ursprünglich wohl trichterförmigen Mündung ist hier durch eine Sandbank ausgefüllt, die noch zungenförmig ein wenig in die Ria vorspringt.

Die Ulla, die in die Ria von Arosa fliesst, durchströmt in ihrem Unterlaufe eine sumpfige Thalebene, die offenbar erst aus Anschwemmungen des Flusses entstanden ist. Der Fluss hält sich meist an der rechten Seite dieses versumpften Bettes, das bei Flut vom Stauwasser überströmt wird. Im ganzen hintern Teile der Ria treten bei Ebbe an den Ufern Streifen von Schlick und Sand hervor. Die Ria selbst ist in ihrer Mitte verhältnismässig tief; noch hinter der Insel Arosa finden sich Tiefen von fast 89 *m*, unmittelbar vor ihr solche von 55 *m*.

In die landschaftlich wunderbar schöne Ria von Pontevedra ergiesst sich der kleine Fluss Lerez, dem sich in seinem untersten Laufe noch die Alba und die Tomeza zugesellten. Auch er fliesst schon oberhalb der Mündung durch ein versumpftes Thal, eine bestimmte Mündung ist überhaupt kaum nachweisbar, da die Ria in ihrem hintersten Teile einen ganz flussartigen Charakter hat und von Sandbänken erfüllt ist."

Erdmagnetismus.

Die magnetischen Beobachtungen der norwegischen Polarlichtexpedition 1899—1900. Während des Winters 1899 bis 1900 hat diese Expedition zwei Observatorien mit vorzüglichen Registrierapparaten in 1000 *m* Höhe bei Bossekop im nördlichen Norwegen etabliert. Die Aufzeichnungen derselben ergaben,[1]) dass während bestimmter Tagesstunden viele sehr kleine Schwankungen der Deklination und der Horizontalintensität auftreten, die einzeln nur einige Sekunden währten und gleichzeitig in Bossekop

[1]) Archives des sciences physiques et naturelles (4) 12. p. 565.

und in Potsdam aufgezeichnet wurden. Diese Schwankungen erscheinen in den Polargegenden mit überraschender Regelmässigkeit und als reine, pendelartige Schwingungen; ihr genaueres Studium zeigt, dass ihre Ursache an beiden Stationen die gleiche sein muss, die Zeitunterschiede sind trotz der grossen Entfernung zwischen Bossekop und Potsdam zu klein, um gemessen werden zu können. Sie müssen die Wirkung variabler elektrischer Ströme sein, da ein anderes Agens sich nicht so schnell fortpflanzt.

Diese bezüglich der sehr kleinen Schwankungen des Erdmagnetismus erzielten Resultate gestatten eine Anwendung auf die Erforschung der Ursache der grossen magnetischen Störungen, welche mehrere Stunden anhaltende Wellen bilden. Wie die kleinen machen sie sich über weite Strecken der Erde bemerkbar, wenn sie auch nicht überall gleichzeitig auftreten, und die entsprechenden Ausschläge der Magnetnadel oft um mehr als 20 Minuten differieren können. Die Vergleichung der täglichen, registrierten Photogramme der Observatorien von Pawlowsk, Kopenhagen, Potsdam, Paris und Toronto, sowie der Beobachtungen an den Termintagen während der Polarexpeditionen 1882—1883 mit den Kurven von Bossekop hat ganz ähnliche Schwankungen von allen möglichen Amplituden ergeben, die eine Tendenz zur Gleichzeitigkeit aufweisen, ebenso sehr bezüglich der grossen Störungen wie der kleinsten Schwankungen. Wenn man daher als Ursache für letztere variable elektrische Ströme annimmt, so darf man für die grossen Störungen im wesentlichen die gleiche Ursache annehmen, sofern eine solche Annahme die beobachteten Erscheinungen erklärt. Weiter wird man annehmen dürfen, dass die Richtung des störenden Stromes wenigstens annähernd durch das Ampèresche Gesetz bestimmt wird.

Aus den Aufzeichnungen der magnetischen Beobachtungen in Bossekop und Jan Mayen an den Termintagen von 1882—1883 ergiebt sich, dass die Ströme in der Atmosphäre existiert haben müssen.

Mittels der graphischen Methode hat Prof. Birkeland die Richtung dieser in den höhern Luftschichten fliessenden Ströme aus den Aufzeichnungen der magnetischen Elemente an den genannten Stationen abgeleitet. Jedes Diagramm für sich betrachtet zeigt, dass im allgemeinen die des Morgens aufgenommenen Ströme sich in der Richtung des Uhrzeigers drehen, wenn man sie mit denen vergleicht, die zu einer spätern Stunde entstehen, während jede Gruppe entsprechender Vektoren für die 6 Stationen ergiebt, dass die Ströme sich im Sinne des Uhrzeigers drehen, wenn man von einer östlichen zu einer westlichen Station übergeht. Die für Mitternacht (Greenwicher Zeit) auf einer Karte verzeichneten Richtungen der Ströme lassen erkennen, dass sie zunächst in einem engen Bündel nach Südwesten längs der Küste des nördlichen Norwegens hinziehen; später zerstreuen sie sich stark, die östlichsten Stromlinien biegen sehr scharf nach Osten ab, die westlichen Linien weniger stark nach Westen; es

scheint eine Neigung zur Bildung von Wirbeln, eines östlichen und eines westlichen, vorhanden zu sein. Die Thatsache, dass die Ströme sich stark zerstreuen, wenn sie von den Polargegenden nach Süden ziehen, stimmt vollkommen mit der relativen Abnahme der Störungen der Vertikalintensität. Auch eine Reihe besonderer Erscheinungen, welche die magnetischen Ströme darbieten, findet bei dieser Auffassung eine leichte Erklärung. Wenn nun die magnetischen Störungen auf ein weites System von elektrischen Strömen in den obern Regionen der Atmosphäre bezogen werden können, so liegt es nahe, zu vermuten, dass die Polarlichter gleichfalls mit diesen Strömen in Beziehung stehen. In der That gelingt es, das Polarlicht künstlich nachzubilden in einer Röhre mit verdünntem Gase, die von einer elektrischen Entladung durchsetzt und einem kräftigen Magneten ausgesetzt wird. Von den vielen Versuchen, die Birkeland in dieser Richtung angestellt hat, beschreibt er einen. Die Kathode befand sich in einer zweimal rechtwinklig gebogenen Glasröhre von 3 *cm* Durchmesser, die in eine Glaskugel von 15 *cm* Durchmesser endete, in welche die Kathodenstrahlen nicht dringen konnten. Die Anode befand sich in einer kleinen Kugel von 4 *cm* Durchmesser, an welche eine enge Röhre von 5 *mm* Durchmesser angeschmolzen war, die in der Mitte der grossen Kugel endete. Unter der grossen Kugel lag der Pol eines kräftigen Elektromagneten, den Entladungsstrom lieferte eine Holtzsche Maschine. Unter der Einwirkung starker magnetischer Kräfte nahm der positive Entladungsstrom die Gestalt einer Bande an, die von oben gesehen sich in eine normale Spirale aufrollte. Kehrte man die Magnetpole um, so kehrte sich auch die Spirale um. Von dem Lichtbande strahlten leuchtende Nadeln längs der magnetischen Kraftlinien. Wurde der Entladungsstrom stärker, dann sah man oft eine Reihe von zu Spiralen aufgerollten Lichtbanden nebeneinander. Diese künstlichen Polarlichtbanden waren sehr beweglich und sehr wechselnd; die Strahlen, die sich bildeten, hatten verschiedene Längen und »tanzten«, so dass die Analogie mit wirklichen Polarlichtern vollkommen wurde. Verf. schliesst diesen Abschnitt seiner Mitteilung, indem er sagt: »Alle elektrischen Theorien der Polarlichter, welche seit den fundamentalen Untersuchungen von Auguste de la Rive aufgestellt worden, nehmen an, dass die elektrischen Ströme, welche diese Erscheinungen in den Polargegenden erzeugen, senkrecht von der Erde nach der Atmosphäre oder umgekehrt fliessen; die Theorie, welche ich auseinandergesetzt habe, nimmt hingegen an, dass diese Ströme in den obern Luftschichten horizontal gerichtet sind. Um zu zeigen, dass die neue Theorie den frühern Theorien vorzuziehen ist, muss daran erinnert werden: 1. dass die Existenz der angenommenen Ströme erwiesen ist durch die magnetische Wirkung, die sie ausüben; 2. dass es experimentell erwiesen worden, dass unter dem Einflusse magnetischer Kräfte ein in verdünnter Luft fliessender positiver Strom zu einem schmalen

Bande verdichtet bleiben kann, dass er folglich sich nicht immer in dem ganzen, ihm zur Verfügung stehenden Raume ausbreitet; 3. dass der Versuch ebenso erwiesen hat, dass ähnliche Ströme parallel zur Erdoberfläche sekundäre Kathodenstrahlen aussenden müssen, welche, durch magnetische Kräfte gezwungen, Lichtstrahlungserscheinungen geben müssen, welche den Polarlichtern mit strahliger Struktur gleichen.«

Erdmagnetische Pulsationen. Schon 1899 hat Dr. W. van Bemmelen seine Wahrnehmung regelmässiger kleiner Pulsationen der magnetischen Horizontalkraft zu Batavia in einer Mitteilung an die Amsterdamer Akademie der Wissenschaften erwähnt, jetzt teilt er weitere Beobachtungen für die Periode 1899 Dezember bis 1900 Dezember mit.[1]) Eine jährliche Periode der Häufigkeit dieser Pulsationen ergiebt sich nicht, wohl aber weist die Schwingungsdauer eine solche auf, nämlich ein Minimum für Ende Dezember und ein Maximum Ende Juni. Auch eine tägliche Periode existiert: die Schwingungsdauer ist am kürzesten gegen 1 Uhr nachts, während 2 Maxima, gegen 3—4 Uhr a. m. und 10—11 Uhr p. m. eintreten. Eine Vergleichung der Beobachtungen in Zikawai zeigt einige Ähnlichkeit mit denjenigen in Batavia. Die Untersuchung der Registrierungen zu Kew während des Jahres 1890 ergab bezüglich der täglichen Ungleichheit der Frequenz fast das Entgegengesetzte von der zu Batavia beobachteten. Was Potsdam anbelangt, so beschreibt Dr. Arendt (1896) eine Art »m-strichförmige Bewegung, welche mitunter durch einen glatten Verlauf der Kurve unterbrochen wird und in den meisten Fällen von einer nicht unbeträchtlichen Standänderung des magnetischen Elementes begleitet ist. Dieselbe äussert sich bei der Horizontalkomponente als Vergrösserung, bei der Vertikalkomponente und der Deklination durch eine Verkleinerung des ursprünglichen Wertes. Die Dauer der magnetischen Unruhe schwankt zwischen einer halben Stunde und ungefähr 2 Stunden; gewöhnlich spielt sich die Störung in dem Zeitraume einer Stunde ab. Die grössten Abweichungen vom ruhigen Verlaufe der Kurve betrugen nicht selten in den einzelnen Fällen: bei der Deklination: über 3′, bei der Horizontalintensität: 0.0003 C. G. S., bei der Vertikalintensität: 0.00005 C. G. S.«

Arendt findet eine ausgeprägte jährliche und tägliche Periodizität in der Häufigkeit. Die erste mit Maximum im Dezember und Minimum im Juli (85% und 21%); die zweite mit Max. um 10^h p. m. und Min. um Mittag (8.3% und 0.0%).

Die Beschreibung dieser Bewegungsform deckt sich mit der der Pulsationen zu Batavia nur teilweise; besonders die Standänderung

[1]) Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch-Indien. Deel LXII. Weltenvreden 1902.

und die jährliche Periodizität fehlt in Batavia gänzlich; trotzdem hat man wohl hier mit verwandten Erscheinungen zu thun.

Die Registrierung der Y-Komponente zu Batavia auf stark vergrösserter Skala hat die Pulsationen in dieser Komponente (d. h. in Batavia in Deklination, weil der absolute Betrag der Deklination nur 1^0 ist) in grosser Menge ans Tageslicht gebracht. Dagegen haben die Versuche für die Vertikalintensität zu negativen Resultaten geführt.

Während des Auftretens natürlicher Pulsationen in X und Y hat die Vertikalkomponente (Z) sich vollständig ruhig verhalten. Aus der Registrierung der beiden Komponenten X und Y auf derselben Rolle ergab sich das Vorkommen aller möglicher Kombinationen. Bei regelmässigen Pulsationen in X zeigte zuweilen die Y-Komponente ein vollständig ruhiges Verhalten, das Umgekehrte war z. B. in der Nacht vom 30.—31. August 1901 sehr auffallend. Öfters waren schön ausgebildete Pulsationen in einer Komponente von unregelmässigen Bewegungen in der andern Komponente begleitet; und waren auch regelmässige Pulsationen, gleichzeitig für die beiden Komponenten, zahlreich, so zeigten sie jedoch alle möglichen Unterschiede in Phase.

Was die Ursache dieser Pulsationen anbelangt, so bemerkt Verfasser: Die simultane Registrierung der Pulsationen in Batavia und Karang Sago wie auch in Batavia und Zikawai lässt für zwei Hypothesen Raum. Die erste ist: Das Phänomen, welches die Pulsationen verursacht, wandert rasch an der Erdoberfläche entlang; die zweite: Sein Einfluss gilt simultan für die ganze Erde, jedoch wegen Verschiedenheit dieses Einflusses an verschiedenen Orten korrespondieren die Umkehrpunkte der Pulsationen nicht und sind deshalb nicht simultan. Die Ruhe der Vertikalkomponente möchte sich mit der ersten Hypothese vereinigen lassen durch die Annahme vertikaler, elektrischer Stromsäulen, welche einander mit abwechselnder Stromrichtung durch die Atmosphäre folgen, und es ist nicht schwierig, für jeden Fall einer Pulsationsreihe den Durchschnitt der Stromsäulen zu konstruieren. Bei den gefundenen Unterschieden der Anfangszeiten darf man einen Durchmesser dieser Ströme von einigen Hunderten von Kilometern annehmen. Für den Fall eines Pulsationsvektors von 2 γ und eines Durchmessers von 500 *km* findet man eine mittlere Stromstärke von der Ordnung: 1×10^{-4} Ampère pro *qkm*.

Es ist diese Stromstärke sehr gering den Zahlen gegenüber, welche z. B. Bauer für die vertikalen elektrischen atmosphärischen Ströme findet: -740 bis $+1640 \times 10^{-4}$ Amp.[1])

Das ruhige Verhalten der Vertikalkomponente lässt sich jedoch mit der zweiten Hypothese in Einklang bringen durch die Annahme, dass die Pulsationen von rhythmischen Änderungen in elektrischen Strömen, welche in sehr breiten Flächen über dem Beobachtungsorte

---

[1]) L. A. Bauer. Vertical earth-air electric currents. Terrestr. Magnetism 1897. Tl. II.

fliessen, herrühren. Untersuchungen der Störungsphänomene führten Verf. schon längst zu der Annahme eines Systemes zirkularer elektrischer Ströme, die parallel den Isochasmen, den Erdkörper, umkreisen, und konnte er zeigen, wie diese Annahme das Anwachsen und Abnehmen der Horizontalintensität und Deklination bei magnetischen Störungen, ein Phänomen, von ihm Nachstörung genannt, am besten erklärt.[1])

Erdbeben.

Das Erdbeben von Sinj am 2. Juli 1898. Auf Veranlassung der kais. Akademie zu Wien und der k. k. geologischen Reichsanstalt haben Fajdiga vom Triester Observatorium und v. Kerner, eine eingehende Untersuchung über die Wirkungen und die wahrscheinliche Ursache des genannten Erdbebens angestellt und veröffentlicht. Dr. Binder giebt von den Ergebnissen dieser Arbeit einen kurzen übersichtlichen Bericht, dem wir folgendes entnehmen.[2]) Die Wirkungen des Erdbebens zeigten sich an den Gebäuden und auf dem Boden, welch letztere sich teils in Lagenveränderungen von Gesteinsstücken, teils als Formveränderungen der Oberfläche infolge von Spaltenbildung und lokaler Senkung darstellten. Lagenveränderungen von Gesteinen wurden besonders am Vojnički brig, am südöstlichen Rande des Sinjer Beckens, beobachtet. Spalten und Risse bildeten sich an verschiedenen Stellen im Umkreise von Vojnički, welche aber in der Mehrzahl infolge der Durchweichung des Bodens verschwanden, den das auf das Erdbeben folgende Regenwetter bedingte. Die Wirkungen auf Wasserläufe zeigten sich in der milchigen Trübung zahlreicher Quellen und Brunnen. Aus der Betrachtung der geologischen und morphologischen Verhältnisse ergiebt sich, dass das Schüttergebiet in den Bereich eines Erdkrustenstückes fällt, das durch ein Netz von Längs- und Querbrüchen in zahlreiche Schollen zerteilt ist, die gegeneinander in horizontaler und vertikaler Richtung verschoben sind. Ein das ganze Gebiet durchsetzender Querbruch ist durch den Lauf der Cetina gegeben. Die durch seit Jahren währenden Vorbeben eingeleitete jetzige Schütterperiode ist als eine neue Phase der in die Neogenzeit zurückreichenden Bewegungen im Schollengebiete der Umgebung am Trilj zu betrachten. Die Ursache des Bebens vom 2. Juli ist in einer Bewegung der zwischen zwei Radialklüften gelegenen Gebirgsmasse zu suchen. Es liegt dort eine jener Schollen, die schon in der jüngern Neogenzeit tiefer als ihre Umgebung lagen und seit jener Zeit wahrscheinlich weitere Senkungen erfahren haben. Es ist möglich, dass wieder eine geringe Abwärtsbewegung stattgefunden hat, welche sich den umgebenden Schollen mitteilte. Dass sich diese Veränderungen

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1895; Terr. Magn. V. p. 123; Observations 22. Batavia 1900. Appendix II.

[2]) Die Erdbebenwarte 1902. p. 31 ff.

nicht bis auf die Oberfläche fortsetzten, mag seinen Grund darin haben, dass das bewegte Gelände von weichen, bildsamen (plastischen) Bildungen bedeckt ist, in denen eine von der unterliegenden Felsenfläche etwa gebildete Stufe ausgeglichen wurde. Das Beben hatte überwiegend wellenförmigen Charakter. Die zahllosen Nachbeben erscheinen durch die zur allmählichen Herbeiführung eines neuen Gleichgewichtszustandes notwendigen weitern Lagenveränderungen der Massen bedingt. Der Untersuchung v. Kerners über die Beziehungen des Erdbebens zur Tektonik seines Gebietes geht eine genaue geologische Beschreibung der südlichen Umrandung des Sinjer Feldes voran, dann folgt auf Grund dieser geschilderten Verhältnisse die Darstellung des Aufbaues, in welcher auf das Vorhandensein von Längs- und Querbrüchen hingewiesen wird, die dieses Gebiet durchsetzen, und es wird geschlossen, dass diesem Beben ein tektonischer Vorgang zu grunde liegt, welcher mit der sich langsam vollziehenden Erweiterung des Einbruchsfeldes von Sinj zusammenhängt. Diese Vorgänge haben sich im Innern abgespielt zu beiden Seiten des Horstes des Vojnički brig. Aus den verschiedenen Beobachtungsaussagen, welche der Verfasser an Ort und Stelle gesammelt hat, geht hervor, dass die Richtung der Schwingungen meist meridional war, dass sich die Schwingung als eine transversale, d. h. als Wellenschwingung, bemerkbar machte. Der Verfasser fasst die Ergebnisse zusammen dahin: 1. dass sich das am heftigsten erschütterte Gelände im Bereiche der südlichen Randzone des Senkungsfeldes von Sinj über einen schmalen Horst (dem von Vojnički brig) und die Nachbarschollen erstreckte; 2. dass es in einer quer zur Streichungsrichtung der Schichten erfolgten Schwingung des Bodens bestand, und 3. dass eine merkliche Senkung des Geländegebietes nicht erfolgte. Man hat sich demnach vorzustellen, dass die Gebirgsmasse am Südrande der Sinjer oder Cetina-Ebene längs einer der beiden dort verlaufenden alten Störungslinien einen neuen plötzlichen Riss bekam, und dass die in diesem Augenblicke aus ihrer Ruhelage gebrachten Gebirgsteile zu beiden Seiten des Risses in elastische Schwingung gerieten, die sich an der Oberfläche zu einer transversalen Wellenbewegung gestaltete. An welcher von den beiden Seiten des Vojnički brig der Riss erfolgte, ist kaum zu entscheiden. Schollensenkungen haben jedenfalls, wenn auch in beschränktem Masse, stattgefunden, aber ein merkbarer Fortschritt in der Erweiterung des Senkungsfeldes von Sinj ist durch diese Vorgänge nicht erzielt worden. Schliesslich macht Dr. Binder folgende Anmerkung, bezüglich deren wir ihm völlig beipflichten: »Je trefflicher solche Darstellungen sind, desto peinlicher wird man berührt, wenn man beobachten muss, wie in neuerer Zeit die gelehrte Zunftsprache wieder anfängt sich bemerkbar zu machen, und zwar gerade in dem jüngsten Zweige der Wissenschaft, dem der Erdbebenkunde, indem sie aus altklassischen Sprachwurzeln Worte knetet, welche unser

»geliebtes Deutsch« unnötigerweise entstellen. Ein solches Wortgebilde ist das Wort »pleistoseistische Region«; könnte es nicht ebensogut »Hauptschüttergebiet« heissen? — Wie trefflich hat dagegen Prof. Suess in dem Wörtchen »Blattbeben« = tektonisches Beben, als Wortschöpfer sich erwiesen. — Hoffentlich wird sein Beispiel auch in dieser Richtung bahnbrechend sein.«[1])

Geschichtliches über Erdbeben in Schlesien. Das älteste bekannte schlesische Erdbeben fand im Jahre 1011 statt und setzte die am Saume des Riesengebirges gelegenen Ortschaften in Schrecken, richtete jedoch keinen grossen Schaden an. Im 14. Jahrhunderte wurde die Stadt Breslau zweimal erschüttert, am 1. Juni 1372 und 1384 zu Weihnachten, ebenfalls ohne irgend welchen Nachteil davonzutragen. Bedeutender scheinen drei Beben gewesen zu sein, die aus dem 15. Jahrhunderte überliefert sind. Vom Jahre 1438 berichtet der Breslauer Geschichtsschreiber Nikolaus Pol: »Vor dem Fest Mariä Reinigung entstand ein grosser Komet, brannte fast bei 3 Monat, streckte den Schwanz nach Mitternacht. Darauf entstand in Schlesien ein grosses Erdbeben, dadurch dem Lande grosser Schaden ist zugefügt worden«. 9 Jahre später erfolgte in Brieg — wahrscheinlich auch an andern Orten — ein so heftiger Erdstoss, dass ein Teil des Gewölbes über dem Hochaltar der Pfarrkirche einstürzte. Schon im nächsten Jahre bewegte sich von neuem der schlesische Boden. Am 5. Juni 1443 trat in Böhmen, der Grafschaft Glatz und Schlesien ein so starkes Beben ein, »dass alles stark bewegt wurde, jedermann sich darob entsetzte«.

Nunmehr verstrichen über hundert Jahre, bis am 10. Febr. 1562 die Grafschaft wieder von einem Erdstosse betroffen wurde. Sturm und Gewitter begleiteten angeblich den Eintritt dieser Erschütterung, die viele Häuser beschädigt und zu Glatz den Knopf vom Rathause herabgeworfen haben soll. Das erste Beben, über das eingehendere Nachrichten vorliegen, fand am 15. September 1590 statt. Sein Verbreitungsbezirk muss sehr ausgedehnt gewesen sein, denn es wurde ausser in Schlesien auch in ganz Böhmen wahrgenommen und richtete in Wien, wo es insbesondere den Stephansturm beschädigte, arge Verheerungen an. In der Grafschaft erfolgten an diesem Tage zwei so heftige Stösse, dass sich angeblich die Menschen nicht aufrecht erhalten konnten, die Häuser wankten, und geschlossene Thüren aufsprangen. Der Laubaner Ratsturm wurde durch den ersten Stoss derart erschüttert, dass die Glocke um 5 Uhr nachmittags dreimal laut anschlug, und die Bürger in dem Glauben, es sei plötzlich Feuer ausgebrochen, erschreckt zusammenliefen. Der zweite Stoss war schwächer; in der darauffolgenden Nacht aber, gegen 1 Uhr, trat eine neue heftige Erschütterung ein,

[1]) Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt 50. Heft 1.



durch die viele Leute aus dem Schlafe geweckt wurden und die Wohnhäuser, sowie die Pfarrkirche in schwankende Bewegung gerieten. Nach 5 Stunden schloss ein vierter Stoss, durch den von neuem die Gebäude der ganzen Stadt erschüttert wurden, das Erdbeben. In Breslau scheint dasselbe viel schwächer gewesen zu sein, denn Pol berichtet nur ganz kurz: »Ist das Erdbeben auch zu Breslau um 12 Uhr des Nachts von etlichen vermerket worden«. Genau 4 Jahre später wurde in Goldberg ein Stoss gefühlt, dem ein heftiger Sturmwind vorausging.

Einen ähnlichen Verbreitungsbezirk wie die Erschütterungen von 1590 hatten die heftigen Erdstösse, die 100 Jahre darauf, am 4. Dezember 1690, in Steiermark, Niederösterreich, in der Grafschaft, welche inzwischen schon 1615 wieder einmal bewegt worden war, und in vielen Ortschaften Schlesiens, wie Neisse, Brieg, Breslau u. a., bis in die Oberlausitz hin überall die Bewohner in Schrecken versetzten. Während die erste Hälfte des 18. Jahrhunderts eine Periode grösserer Ruhe gewesen zu sein scheint, finden wir in seiner zweiten Hälfte, besonders in den drei letzten Jahrzehnten, Nachrichten über eine ganze Reihe von Beben. Am 31. Juli 1751 bewegte sich der Boden des Hirschberger Kessels; 24 Jahre darauf, am 24. Januar 1775, nahm der Professor Zeplichal auf seinem Zimmer im Breslauer Universitätsgebäude eine schwache Erschütterung wahr. Einen stichhaltigern Grund vermochte man für die Erschütterungen zu finden, die am 10. Mai 1778 das im Katzbachgebirge, in der Nähe des Hogulje gelegene Tiefhartmannsdorf betrafen. Ein Beobachter, der sich gerade auf dem Gipfel eines benachbarten Berges befand, hörte plötzlich gegen 1 Uhr mittags bei heiterem Himmel unter sich ein starkes Krachen und bemerkte, wie auf einmal ein heftiger Wirbelwind losbrach, welcher jedoch keine Beschädigungen an Gebäuden oder im Freien anrichtete. Dieses Beben brachte man, vielleicht mit Recht, in Zusammenhang mit dem Einsturze unterirdischer Höhlen, an denen die dortige Gegend reich ist.

Weit stärker als diese Stösse und ein Beben, das im Februar 1786 die Grafschaft bewegte, waren die Erschütterungen, die am 3. Dezember 1786 Schlesien heimsuchten und zugleich in einem Teile von Polen und Ungarn wahrgenommen wurden. In Breslau, insbesondere in der Ohlauer Vorstadt, auf dem Dome und auf dem Sande, fühlten gegen 5 Uhr nachmittags verschiedene Personen ein merkliches Schwanken des Erdbodens. Dasselbe war in Tarnowitz und Pless so stark, dass einzelne Häuser Risse bekamen, und die Stubenöfen beschädigt wurden. Besonders heftige Stösse erfolgten auch in Brieg, Neisse, Leobschütz und Münsterberg. In Ratibor soll eine 2 Fuss dicke Mauer gesprungen sein, und in Namslau der Klöppel der Schlagglocke des Rathauses sechs- bis siebenmal von selbst angeschlagen haben. Das letzte Beben des 18. Jahrhunderts fand am 11. Dezember 1799 statt und erstreckte sich längs des Sudetenzuges von der

Grafschaft, wo man mehrere Stösse beobachtete, über die Gegend um das stark erschütterte Kloster Grüssau bis in den Hirschberger Thalkessel, den schon im Oktober desselben Jahres ein Erdbeben betroffen hatte.

Im letzten Jahrhunderte sind die Jahre 1835, 1837, 1858, 1872, 1878, 1883 und 1895 durch Erdbewegungen ausgezeichnet, von denen sich aber nur die von 1858 und 1883 über die Grenzen der Provinz Schlesien erstreckten.

Die vogtländischen Erderschütterungen vom September 1900 bis Mitte März 1902 behandelte H. Credner.[1]) Den folgenden Auszug aus dieser grossen Abhandlung giebt D. Binder.[2]) Seit 1875 kennzeichnet sich das sächsische Vogtland und das ihm benachbarte und geologisch verwandte böhmische Nachbargelände als »chronisches Schüttergebiet«. Als solches bewährte es sich von 1900—1902. Der Verfasser betont ferner, dass er den augenblicklichen Zeitpunkt zur Berichterstattung deshalb wähle, weil einerseits die Periode der makroseismischen Beobachtungen (durch die Bewohnerschaft) abschliesst, anderseits die Reihe der mikroseismischen (durch Bebenmesser) beginnt, nachdem nun ein selbstregistrierendes Wiechertsches Pendelseismometer in Leipzig zur Aufstellung gelangt ist, infolgedessen eine Zeit genauerer Bebenforschung für Sachsen zu erhoffen sei. Es folgen dann die Beobachtungen vom 19. September 1900 bis 13. Februar 1901. Dann setzt der südvogtländische Erdbebenschwarm ein, der vom 8. Mai bis 26. Juni dauert; auf einem sorgfältig ausgeführten Kärtchen ist das Schüttergebiet besonders kenntlich gemacht. Schliesslich fasst er das Ergebnis seiner Beobachtungen in 4 Sätzen zusammen: 1. Bezeichnend ist für das südvogtländische Gebiet das Auftreten von Schwärmen, in denen Hunderte von Stössen sich aneinanderreihten, und zwar im Herbste 1897 in 37tägiger, im Sommer 1900 in 52tägiger und im Mai-Juni 1901 in 53tägiger Periode; 2. die Epizentren sind im südlichen Vogtlande zu suchen; 3. dieses birgt aber z w e i Erdbebenherde, einen in der Gegend von Brambach-Schönberg, den andern in der Gegend von Graslitz-Untersachsenburg; 4. die Mittelpunkte (Epizentren) beider Herde liegen auf Granit oder auf dessen Grenze gegen die an ihn abstossenden Schiefer. Der Erdbebenschwarm von 1901 ging von dem erstern Herde aus und berührte einen Kreis im Durchmesser von 17 *km*. Die Stösse werden weniger heftig als 1897 und 1900 und dürften nur den 4.—5. Grad der Erdbebenskala erreicht haben. Auffällig ist die exzentrische Lage des Epizentrums innerhalb der Schütterfläche, in welcher es fast an die südliche Grenze gerückt erscheint. Auch die Erscheinung wurde bemerkt, dass sich an zerstreuten Orten innerhalb des Schüttergebietes der Hauptstösse lokal beschränkte

[1]) Ber. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 1902.
[2]) Erdbebenwarte 2. p. 34.

stossförmige Erhebungen bemerkbar machten, welche zeitlich ganz unabhängig von jenen andern auftreten, und die man nach Uhlig (Seismische Ereignisse des Jahres 1900 in Deutschböhmen) »lokale Distalbeben« nennen könnte. An 8. Stelle endlich behandelt der Verfasser die vogtländisch-egerländische Erdbebenperiode vom 25. Juli bis 31. August, wobei ein zweites Kärtchen des Schüttergebietes dem Leser eine leichte Übersicht bietet. Das Schüttergebiet erstreckt sich elliptisch in einer Länge von 45 und einer Breite von 17 *km*. Der Ausgangsort dieses Bebens dürfte in einer dem erzgebirgischen Absturze parallelen Diskontinuität zu suchen sein,. die sich freilich in dem Aussehen des Geländes oberflächlich nicht verrät; sie entspräche einer jener Erdbebenlinien, wie sie Becke bei Erörterung des böhmisch-sächsischen Bebens von 1897 zu erkennen glaubte, und welche das Ostende des Fichtelgebirgsgranits mit dem Südwestrande des Neudecker Granitstockes verbinden. Auf den Hauptstoss vom 25. Juli folgte dann im Laufe der nächsten Wochen ein weitläufiger Schwarm meist schwacher Erschütterungen, bis mit Ende August allmählich Ruhe eintritt. Nur im Dezember (8. und 9.) machte sich noch ein kräftiger, mit Donnerrollen verbundener Stoss, und zwar bei Markneukirchen, fühlbar.

Erdbebenstörungen zu Triest. Über diese, am Rebeur-Ehlertschen Horizontalpendel im Jahre 1901 beobachteten Störungen berichtet E. Mazelle.[1]) Es gelangten in diesem Jahre 187 Störungen nach Zeit und Grösse zur Aufzeichnung.

Aus sämtlichen bisher veröffentlichten Beobachtungen — 602 Seismogramme seit 31. August 1898 — lässt sich vorerst entnehmen, dass im Mittel jeden zweiten Tag eine seismische Störung am Horizontalpendel zu erwarten ist.

Die Beobachtungen lassen ausserdem nicht nur eine regelmässige jährliche Verteilung ihrer Häufigkeit entnehmen, sondern auch eine auffallende tägliche Periode.

Der jährliche Gang zeigt eine doppelte Schwankung mit den Frequenzmaxima im Februar (14.2 Störungen) und im September (18.1) und den Minima im April (12.5) und Dezember (13.3).

Die Trennung nach den einzelnen Tagesstunden ergiebt recht deutlich eine regelmässige doppelte tägliche Periode mit der grössten Häufigkeit der Störungen um 6^h und 22^h (51.2 und 54.0) und der kleinsten um 2^h und 14^h (49.0 und 46.9), wozu erwähnt werden soll, dass bei der täglichen Periode des Luftdruckes in Triest die Maxima auf 10^h und 23^h, die Minima auf 5^h und 16^h fallen.

Das Erdbeben in Guatemala am 18. April 1902. Über dasselbe macht Prof. K. Sapper einige Mitteilungen,[2]) die zwar nur auf Zeitungsberichten beruhen, aber in der kritischen Beleuchtung des erfahrenen Kenners von Mittelamerika, Beachtung verdienen. Die

[1]) Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien 1902. No. 18.
[2]) Petermanns Mitteilungen 1902. p. 193.

Zeit des Hauptstosses war $8^h 20^m$—30^m abends. Die entferntesten Orte, von denen dem Verf. Nachrichten über die Wirkungen des Erdbebens zukamen, sind Managua (Nicaragua), Comayagua (Honduras) und Mapastepek (Chiapas), die wirkliche Ausdehnung des Bebens war aber sicherlich grösser. Die Verluste an Menschenleben sind bei weitem nicht so gross, als man nach dem enormen Materialschaden (die Städte Quezaltenango und S. Marcos, sowie viele Dörfer wurden fast ganz zerstört) erwarten konnte. Die Grösse dieser Verwüstungen wird vielfach von der Bauart der Häuser bedingt, doch glaubt Verf., dass auch lokale Verschiedenheiten der Intensität des Bebens angenommen werden müssen. Eine nach den vorliegenden Nachrichten von ihm entworfene Erdbebenkarte zeigt »die Zone des grössten Schadens fast ganz auf die Nähe der guatemaltekischen Vulkanreihe beschränkt, während die salvadorenische Vulkangegend verhältnismässig ruhig blieb. Der Schluss der Guatemalteken, dass das Beben ein vulkanisches wäre, ist wohl verständlich; aber es fällt auf, dass ein zweiter schmaler Streifen grösster Intensität auch am pazifischen Meeresstrande sich ausdehnt, und die Schilderung, die Karl List von den Erscheinungen bei Ocos giebt, lässt darauf schliessen, dass in der Nähe jenes Platzes der Sitz des Erdbebens gewesen sein muss. Das Erdbeben äusserte sich hier als ein einziger heftiger Stoss aus SSW nach NNO, der alles in lebhafte Schwingungen versetzte, die Holzgebäude, je nach ihrer Schwere, um wenige Zoll bis zu 2 Fuss verschob, die Eisenbahngeleise verbog, die Brücke über den Estero ins Wasser warf und den 348 *m* langen, auf Stahlpfeilern stehenden Landungssteg nach allen Richtungen so verbog, dass sein »Profil nicht mehr eine gerade Linie wie vorher ist, sondern eine Wellenlinie, genau angepasst der Form und Länge der (Erdbeben-)Welle«. Das Merkwürdigste ist aber, dass diese Erdbebenwelle sich in dem Sandboden sogar plastisch ausprägte. Karl List schreibt darüber: »Ocos liegt auf einer langgestreckten, ca. 300 bis 400 *m* breiten Sanddüne, oder besser gesagt Insel. Jenseits des Esteros besteht das Gelände aus hartem Lehme, Gerölle etc., während der Untergrund von Ocos leichter vulkanischer Sand ist. Gleichwie die Meeresbrandung auf sanft abfallendem Strande sich bricht, so brach sich die Flutwelle (Erdbebenwelle) beim Übergange vom Sandboden zum harten Lehme, und zwar das 1. Mal in I, ein 2. und 3. Mal in II und III, rollte dann weiter inland, überall Spuren ihrer Bewegung hinterlassend, bis die Bewegung vollständig und gleichmässig in den harten Untergrund des festen Landes übergegangen war (ca. 300 *m* jenseits des Esteros), wo sie dann in der Küstenebene ohne weiter sichtbaren Schaden sich fortpflanzte.«

Erdbebenbeobachtungen in Japan.[1]) Professor Omori unterzog 18.279 Erdbebenbeobachtungen, die in Japan auf 26 Erdbeben-

[1]) Die Erdbebenwarte 2. p. 35.

warten innerhalb eines Zeitraumes von 27 Jahren gemacht worden sind, einer kritischen Untersuchung in Bezug auf deren Auftreten in Hinsicht auf die Jahres- und Tageszeiten. Er findet, dass eine Anzahl von Erdbebenwarten das Maximum der Beobachtungen in den Sommermonaten, eine Anzahl von Erdbebenwarten das Maximum der Beobachtungen in den Wintermonaten aufweist. Die Stationen der erstern Gruppe liegen in dem östlichen, dem Stillen Ozeane zugekehrten Teile des Inselreiches, jene der letztern Gruppe an der Westküste, gegenüber dem asiatischen Kontinente. Vergleiche mit den Barometerständen ergaben, dass bei hohem Luftdrucke häufiger Erdbeben auftreten als bei niederem. Da in Japan im Sommer niederer, im Winter hoher Luftdruck herrscht, sind die in den Wintermonaten beobachteten Erdbeben auf den Einfluss des Luftdruckes zurückzuführen und haben ihren Herd auf dem Festlande. Die Erdbeben der Sommermonate sind hingegen Folgeerscheinungen submariner Vorgänge. Was die Tageszeit des Auftretens anbelangt, so konnte Professor Omori keine bestimmten Gesetze aufdecken.

Über das behauptete regelmässige Fortschreiten des Epizentrums bei Erdbeben mit zahlreichen Nachbeben hat Montessus de Ballore eine Untersuchung ausgeführt.[1]) Hervorragende Seismologen, wie Perrey und Suess, haben die Vermutung ausgesprochen, dass in sehr unruhigen Gegenden das Epizentrum die Tendenz zeigt, in einer ganz bestimmten Richtung fortzuschreiten. Man hat diese interessante Erscheinung dahin erklärt, dass es sich so verhält wie bei einem Felssprunge, der gegen sein Ende zu sich immer weiter fortsetzt, wie man dies auch oft bei Sprüngen der Fensterscheiben beobachten kann. Wie weit ist nun diese Vermutung richtig, die bisher keiner exakten Untersuchung unterworfen worden ist und daher jeder nähern Begründung entbehrt? Das grosse Beben im nordöstlichen Indien vom 12. Juni 1897 kam gerade recht, um diese Frage ziffermässig behandeln zu können.

Dieser Erschütterung folgte eine ausserordentlich grosse Anzahl von Nachbeben, und zwar mehr als 5200, d. i. bis 31. Dezember 1898. Nach der Abhandlung Oldhams (Liste der dem Erdbeben vom 12. Juni 1897 nachfolgenden Erdstösse) hat Verf. für 5238 dieser Stösse beiläufig 243 verschiedene Epizentren bestimmen können. Aus ihren geographischen Koordinaten war es möglich, für jeden der 19 Monate dieser Schütterperiode das »Zentrum der mittlern Abstände« der thätigen Erdbebenherde herauszufinden, und zwar nach Massgabe der Zahl der Stösse, welche in jedem Monate von ihm ausgegangen sind. Dieses monatliche Zentrum der mittlern Abstände kann streng genommen als das Zentrum der monatlichen Bodenunruhe angesehen werden, obgleich in Wirklichkeit dieser Punkt nur eine rein geometrische Bedeutung besitzt. Man muss jedoch zugeben, dass, wenn

[1]) Belar, Die Erdbebenwarte 2. p. 15.

die oben angeführte Vermutung richtig ist, das Zentrum einen regelmässigen und in einem bestimmten Sinne systematischen Gang beibehalten wird. Das Ergebnis der Berechnung zeigt nun, dass die Vermutung nicht zutrifft. Die monatliche Lage der Zentren ergiebt kein Gesetz. Das beweist übrigens noch nicht, dass dem immer so sein müsse, aber diese Feststellung stellt ein vermeintliches regelmässiges Fortschreiten jedenfalls ernstlich in Zweifel.

Vulkanismus.

Die Insel Martinique und ihr Vulkanismus. E. Deckert giebt [1]) eine Beschreibung dieser Insel mit besonderer Berücksichtigung der vulkanischen Verhältnisse. Der Norden der Insel wird vom Mont Pelé (im Lande Montagne Pelée, kahler Berg genannt) beherrscht, der 1350 *m* hoch ist und den jüngsten Vulkanherd der Insel bildet. Die Aufschüttungen aus den Kraterschlünden dieser Bergmasse (meist Bimsstein, vulkanische Konglomerate, trachytische und doleritische Lava), stammen teils aus der Quartärzeit, teils aus Epochen, die offenbar der historischen Zeit der westlichen Erdhemisphäre entsprechen. Während der historischen Epoche Westindiens, war der Berg ziemlich träge und wurde einer grössern Aktion kaum noch für fähig gehalten. Er trug auf seiner Höhe einen kleinen Kratersee (Lac des Palmistes), auch existierten mehrere heisse Schwefelquellen an einem Quellflüsschen der Rivière Blanche, sonst war von einer Solfatarenthätigkeit des Berges nichts zu spüren. »In sehr auffälliger Weise durchsetzten die Gipfelregion des Berges aber (vorwiegend in der Richtung von SW nach NO) tiefe und mehr oder minder breite Spalten, aus denen an verschiedenen Stellen stechende, den Atem versetzende Dünste emporstiegen, und daraus konnte man schliessen, dass der Vulkanismus des Mont Pelé unter der Oberfläche noch keineswegs vollkommen tot war. Dicht neben den erwähnten Schwefelquellen im Quellgebiete der Rivière Blanche aber lagen die zwei kleinen Krater, aus denen im Jahre 1851 der letzte unbedeutende und wenig beachtete Aschenausbruch stattgefunden hatte, und unterhalb derselben befand sich eine ganze Reihe weiterer Krater, die weniger gut erhalten war, und deren unterste unter dem Namen des Étang Sec zusammengefasst wurden. Wann die letztern Krater entstanden und thätig gewesen sind, ist schwer zu sagen, jedenfalls waren sie aber kaum viel älter als wenige Jahrhunderte, und der eine oder andere stammte vielleicht aus dem Jahre 1792, wo der Vulkan in ähnlicher Weise wie 1859 eine kleine Eruption gehabt haben soll; denn die westindischen Atmosphärilien zerstören und maskieren solche Spuren vulkanischer Thätigkeit im Vereine mit der üppig wuchernden Vegetation und den zahlreichen Erdbeben immer sehr rasch.«

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1902 p. 133.

Diese Kratergegend scheint nach Deckerts Annahme bei der grossen Eruption am 8. Mai der Hauptausgangspunkt der Aktion gewesen zu sein. Dort stiegen am 24. April die ersten auffälligen Dampfsäulen empor, nachdem man am Abende vorher mehrere starke Detonationen aus dieser Richtung in Prêcheur und St.-Pierre vernommen hatte. Am 26. April fand Léon Sully bei einer Expedition in diese Gegend in 600 *m* Seehöhe umfangreiche neue Krater- und Spaltenbildungen und in einem langgestreckten neuen Krater an Stelle des Étang Sec Kochen, Brodeln und Gasaufsteigen aus 4 Schlünden. Aus dieser Gegend kam auch die Ascheneruption vom 3. und 4. Mai und am 5. Mai der erste heisse Schlammstrom, der sich in der Rivière Blanche pfeilschnell zur Küste herabwälzte. Die Explosion vom 8. Mai hatte dagegen nach Deckert ihren Ursprung in der nächsten Nachbarschaft der alten Kratergegend.

Folgende Berichte von Augenzeugen der Katastrophe, durch die am 8. Mai St. Pierre samt seinen Bewohnern vernichtet wurde, sind geeignet, über den Vorgang Klarheit zu geben.

Roger Arnaux, Mitglied der französischen astronomischen Gesellschaft, schreibt: Am Pfingstmontage 1900 besuchten wir den Gipfel der Montagne und konnten das Vorhandensein von zwei kleinen Solfataren im Krater konstatieren. Die Vegetation, welche an dieser Stelle ein Jahr vorher sehr reich gewesen, war zum grossen Teile verbrannt, und auf dem Boden zeigte sich hin und wieder eine gelbliche Materie, die wir für Schwefel hielten. Keine Spur von Dampf war zu erkennen. Im Jahre 1901 machten mehrere Freunde eine neue Besteigung des Berges und fanden fünf oder sechs kleine Fumarolen, welche grünliche Dämpfe ausstiessen. Indessen zeigten sich erst im März des gegenwärtigen Jahres Erscheinungen, durch die man in St. Pierre aufmerksam wurde. Gegen Ende dieses Monates sah ein zuverlässiger Beobachter nachts ein recht lebhaftes Licht von der Kraterhöhle ausstrahlen. Erst am 25. April aber war man überzeugt, dass der Vulkan wieder erwacht sei. In der Nacht vom 25. zum 26. April bemerkte der Berichterstatter eine starke Detonation und sah aus dem Krater eine immense Rauchsäule aufsteigen, und in den folgenden Tagen lagerte über dem Berge eine gewaltige Wolke gleich einer Gewitterwolke, ohne dass aber sonstige Anzeichen auf die Thätigkeit des Vulkanes deuteten. Am Morgen des 2. Mai gegen 9 Uhr erschollen Detonationen, und fiel Asche; dem Berichterstatter schien es, als wenn neue Schlünde in dem Krater sich geöffnet hätten; aber erst am 5. Mai floss schwärzlicher Schlamm, von dichtem Dampfe überdeckt, von der Höhe durch das Thal der Rivière Blanche herab und vernichtete nachmittags die Fabrik Guérin. Am Morgen des 6. Mai schien die Eruption sich zu beruhigen, aber am Morgen des 7. vernahm der Berichterstatter, dass die Telegraphenverbindung mit den benachbarten Inseln unterbrochen sei, nach Ansicht des Telegraphendirektors infolge submariner Bodensenkungen. Nachmittags vernahm man zu St. Pierre Detonationen in kurzen Intervallen, aber aus südlicher Richtung, und glaubte an eine Schiffsübung bei Fort de France. Der Berichterstatter fand indessen die Luftvibrationen befremdlich stark. Gegen 5 Uhr abends verliess er St. Pierre und sah, wie aus dem Krater enorme Felsmassen emporgeschleudert wurden, die etwa $^1/_4$ Minute gebrauchten, um wieder zurückzufallen. Gegen 8 Uhr abends erblickte er zum erstenmal auf dem Gipfel des Berges zwei fixe Feuer von weisser Farbe. Am Morgen des 8. gegen $7^1/_2$ Uhr sah der Krater ziemlich ruhig aus, die Dämpfe wurden von östlichem Winde fortgetrieben. Gegen 8 Uhr erblickte der Beobachter aus dem Krater eine kleine Wolke aufsteigen, die 2 Sekunden später von einer grossen Masse

(Nappe) gefolgt wurde, die in weniger als 3 Sekunden alles bis Pointe de Carbet bedeckte, gleichzeitig aber auch bis zum Zenith des Beobachters anstieg. Es waren Dämpfe, ganz ähnlich denjenigen, die während der ganzen Zeit aus dem Krater aufgestiegen waren. Sie schienen sehr dicht zu sein, denn sie behielten bis zum Scheitel ihre rundlichen Gipfel. Aus diesem Dampfchaos heraus strahlten zahllose elektrische Funken, und gleichzeitig erscholl entsetzliches Getöse. Als die Erscheinung sich näherte, erhob sich plötzlich ein heftiger Wind, der die Äste der Bäume brach, und unmittelbar darauf wurde die Sonne verhüllt, es entstand eine fast völlige Finsternis. Steine von 2 *cm* Durchmesser fielen aus der Luft. In der Richtung von St. Pierre sah man eine Feuersäule, die sich fortbewegte und gleichzeitig rotierte, deren Höhe der Beobachter auf 400 *m* schätzte. Diese Erscheinung dauerte 2—3 Minuten. Bald nach dem Steinfalle ergoss sich ein Schlammregen während etwa einer halben Stunde. Die ganze Erscheinung hatte ungefähr 6 Stunden gedauert, als die Sonne wieder hervorkam. Die Wolke, welche der Beobachter über St. Pierre sich niedersenken sah, musste aus einer flüssigen Materie von sehr hoher Temperatur bestanden haben, welche Flüssigkeit in der Luft aber verdampfte. Auch der Blitz wird zur Entzündung der Feuersbrunst in der Stadt beigetragen haben. Von einem Feuerregen über der Stadt hat der Beobachter nichts bemerkt. Was die vulkanische Materie (Asche, Schlamm und Steine) anbelangt, die in Fort de France und fast auf der ganzen Insel niederfiel, so muss sie raketenförmig vom Vulkane ausgeworfen worden sein, wenige Sekunden nach der Zerstörung von St. Pierre, denn der Beobachter hat zu keiner Zeit eine vertikale Eruption wahrgenommen. Die Gase, die sich auf St. Pierre stürzten, haben nach wenigen Sekunden die ganze Insel überdeckt; der Beobachter hält sie für erhitzte Wasserdämpfe.

Ein anderer Augenzeuge, M. Molinar, giebt folgende Schilderung des Vorganges: Am 7. Mai gegen 7 Uhr abends, als der Berg schrecklich grollte, begab ich mich ans Fenster und sah glühende Lava in der Richtung der drei Brücken herabfliessen. Sofort machte sich alles auf die Flucht nach dem Parnasse, einer Besitzung in 200 oder 300 *m* Höhe, 200 *m* höher als die drei Brücken. Um Mitternacht kamen wir daselbst an. Zu dieser Zeit war der Berg in voller Eruption und warf Lava, Rauch und brennendes Gestein aus. Am 8. Mai 6 Uhr morgens hatte er sich beruhigt, und wir betrachteten die Flagge von Rauch und Dampf, welche er gegen das Meer hin entsandte. Gegen 8 Uhr, ohne dass irgend etwas Besonderes sich vorher zeigte, öffnete sich der Berg von oben bis unten und sandte wie ein ungeheurer Blitz einen Flammenstrahl in der Richtung auf St. Pierre hin. Während etwa einer Viertelstunde schickte er seine Flammen stets successive in der Richtung auf diese Stadt und ihre Umgebung. Wir, die vom Parnasse aus das Schauspiel betrachteten, befanden uns nicht in der Flammenzone, dank einem Winde, der ihr entgegenblies und unsere Rettung gestattete. Nach dem Aussenden dieser Flammen beruhigte sich der Berg vollständig, entsandte weder Flammen, noch Lava, aber gegen 11 Uhr fing er von neuem an, Rauch und Lava auszuwerfen. Ich habe seitdem gehört, dass auf der Seite gegen Macouba und der Grand Rivière (der Nordseite der Montagne Pelée) sich Spalten gebildet haben, die glühende Lava aussandten. Er gab schlammige Lava, welche sogleich erhärtete, und feine flüssige, die bis zum Meere herabfloss. Beide Lavamassen haben die Wege dort völlig unpassierbar gemacht, und die Bevölkerung musste übers Meer sich nach Dominica retten.

Th. Célestin hatte sich am 7. Mai nach Bourg de Carbet geflüchtet und sah von dort aus den Vorgang am nächsten Tage. Er berichtet:

Am 7. schienen sich neue Krater zu bilden, und der Rauch wurde stärker. Um 3 Uhr abends vernahm man dumpfe Detonationen wie regelrechte Artilleriesalven. Die einzelnen Schläge folgten in Intervallen von etwa 6 Sekunden aufeinander. Die Bewohner von St. Pierre waren be-

stürzt, aber niemand wollte an unmittelbare Gefahr glauben; eine wissenschaftliche Kommission, die die Situation studieren sollte, war am 6. zu der Überzeugung gekommen, dass keine Gefahr drohe, und dieses Gutachten wurde am 7. veröffentlicht. Die Nacht vom 7. zum 8. Mai war stürmischer als die vorhergehenden, und intensive Flammen schienen aus dem Krater aufzusteigen. Der Berichterstatter war tags vorher nach dem Städtchen Carbet geflohen, 5 *km* südlich von St. Pierre, von wo aus er das Schauspiel beobachtete. Am Morgen des 8. ist der Vulkan schrecklich anzusehen, er ist vollkommen schwarz, und allenthalben erheben sich von ihm ungeheure Dampfsäulen. Der Himmel ist grau und die Sonne verschleiert. Kein Lufthauch, alles ruhig, die Natur scheint zu trauern. Es ist 8 Uhr. Aller Blicke sind gegen St. Pierre hingewandt, und man ist voll tiefer Angst. Während man gegenseitig seine mehr oder minder irrigen Meinungen austauscht, verändert sich plötzlich das Aussehen des Vulkanes. Man konnte sagen, er sei ganz in Bewegung geraten; überall Rauch; Tausende von Rauchstreifen erheben sich in die Luft. Plötzlich durchleuchtet ein Blitz diese Dampfmassen. Was geht vor sich? Eine, zwei Sekunden verfliessen .... »Wir sind verloren, der Berg stürzt zusammen«, ertönt es von allen Seiten, »fliehen, fliehen!« Der Beobachter bringt seine Familie gegen Süden hin an einen sichern Platz und kehrt zurück, um zu sehen, was vor sich geht. Der Berg als solcher ist nicht mehr zu sehen, statt seiner erblickt man eine Lawine, einen Wall schwarzen Dampfes, erhellt durch Tausende von Blitzen, und das Ganze stürzt auf den Beobachter zu mit erstaunlicher Geschwindigkeit. »Der ganze Himmel ist in Mitleidenschaft gezogen, wir befinden uns unter einem in Feuer stehenden Gewölbe. Schreckliches Rollen begleitet den Marsch der Erscheinung. Das Meer ist schwarz und nach allen Richtungen in Aufruhr, lange Wogen in das Land hinein entsendend, die den Weg überschwemmen. Wir sind verloren; es bleibt nur, resigniert den Tod zu erwarten. Plötzlich aber macht sich eine lebhafte Reaktion in der Luft bemerkbar, ein heftiger Wind setzt von Süden ein, so stark, dass die Bäume unter seiner Wirkung zur Erde geneigt werden, der Fortschritt des Verderbens wird gehemmt, 300 *m* von uns entfernt. Wir sind gerettet! Der Sturm verminderte sich allmählich und hörte nach 2 oder 3 Minuten auf. St. Pierre war während dessen am Brennen, man sah dort eine ungeheure Feuerwand. Ein schreckliches Gewitter entlud sich nun über uns, Tausende von Blitzen durchzuckten die Luft, und während einer halben Stunde ergoss sich über uns ein Regen von Steinen und Schlamm.«

Ein Beobachter, mit Namen Fernand Cleve, hatte sich aus St. Pierre auf ein Landgut geflüchtet, welches zwischen dieser Stadt und dem Morne Rouge auf einem Berge, der den Namen Parnass führt, liegt. Am Donnerstag morgens gegen 8 Uhr befand er sich dort an einem Fenster und beobachtete die Montagne Pelée, welche jetzt viel mehr als früher donnerte. Plötzlich, nach zwei furchtbaren Detonationen sah er, wie sich von oben herab längs dem Vulkane eine Spalte bildete, aus der mit schrecklichem Geräusche ein ungeheurer Feuerstrahl entwich. Der Beobachter floh von dannen, kam aber nicht weit, sondern wurde, er weiss nicht wie, zu Boden geworfen. Als er sich wieder erhob, war die Stadt St. Pierre vernichtet; etwa 25 *m* hinter ihm lagen die ersten Leichen. Weiter vordringend bis zur Bannmeile der Stadt, zeigte sich weder ein Baum, noch irgend ein Gebäude. Das Terrain schien wie mit der Walze geebnet, keine Trümmer, kein Schutt, nur etwas Asche war zu erblicken. Leichen fanden sich nur an der Grenze der Feuergarbe, auf der von ihr bestrichenen Fläche blieb nichts mehr, und hier herrschte das völlige Schweigen des Todes. Bei ihrem Austritte aus dem Vulkane hatte die Feuergarbe die Gestalt eines Fächers.

Dr. Masurel, Arzt auf dem französischen Kreuzer »Suchet«, dessen Kommandant den ersten telegraphischen Bericht über das Unglück von

St. Pierre an den französischen Minister sandte, berichtet: Es fanden bei dem Vorgange mehrere Erscheinungen statt; eine furchtbare elektrische Entladung, welche den nördlichen Teil der Stadt vollständig wegfegen musste, und ein von dem Gipfel des Vulkanes herabkommendes Aufblitzen, hervorgebracht durch ein detonierendes Gemenge, welches die ganze Bevölkerung getötet hat. Nach einer Wolke von Dampf und Schlamm erhob sich aus dem Krater eine Garbe geschmolzener Materie in Gestalt eines Fächers, die sich über die Stadt niedersenkte.

Amadée Knight, Senator von Martinique, befand sich zu Lorrain am Ostgestade der Insel zur Zeit der Katastrophe. Er hörte dort dumpfes, schreckliches Grollen des Berges und Detonationen gleich Kanonenschüssen. Gleichzeitig sah man über dem Vulkane eine ungeheure Garbe von schwarzem Rauche aufsteigen, während der Horizont sich in hässlicher Beleuchtung dagegen abhob. Es waren wie Lichtbanden, welche ihn in jedem Augenblicke erhellten, und von welchen sich an mehrern Punkten und gleichzeitig Blitze in Form eines doppelten Z ablösten. »Mein erster Gedanke war an die armen Bewohner des Ortes Prêcheur. Ich hatte denselben am 29. April und am 4. Mai besucht und schon damals dort auf den Feldern eine Aschenschicht von 30 *cm* Dicke gefunden. Auch waren von den Höhen der Montagne Pelée seit mehrern Tagen 2000 Schwarze herabgekommen, deren Eigentum zerstört war. In aller Eile begab ich mich nach Fort de France, wo ich den Untergang von St. Pierre vernahm. Die Leichen fanden sich vielfach in Lagen, welche bewiesen, dass die Personen plötzlich getötet sein mussten; so eine Gruppe von 5 Personen, die auf der Strasse geplaudert haben mussten, als das Verderben über sie kam. In einer Wohnung fand sich die Leiche eines Mannes vor seinem Schreibtische sitzend, eine junge Frau, wohl seine Tochter, hat den Arm um seinen Hals geschlungen, während ein junger Mensch knieend ihn wie gleichsam um Schutz anflehte. Alle müssen im gleichen Momente vom Tode dahingerafft worden sein. In den Strassen wurden 2000 Leichen gefunden, die meisten mit dem Gesichte gegen die Erde liegend. In einem Berichte heisst es, dass heisse oder giftige Gase dem Vulkane entströmt sein müssten, denn fast alle Opfer des Ausbruches in St. Pierre hatten die Hände vor dem Munde, wie um Erstickung zu verhindern.«

Der zweite Befehlshaber der Goélette »Gabriell«, G. M. Sainte schreibt über seine Wahrnehmungen folgendes: Um 7 Uhr 50 Minuten machte sich ein heftiges Grollen im Berge wahrnehmbar, und es zeigte sich vom Gipfel bis zum Fusse gleichsam wie ein gewaltiger Riss. Dann sah man inmitten schwarzen, dem Auge undurchdringlichen Rauches eine ungeheure, unförmliche Masse, die sich mit gewaltiger Schnelligkeit thalabwärts bewegte und in ihrem Wirbel alles verschlang, ganz St. Pierre. Auf der Rhede verloren 2 Drittel der Schiffe ihre Masten und versanken, die einen mit dem Vorder-, die andern mit dem Hinterteile. Nur 3 Schiffe, worunter 2 Dampfer, vermochten dem Choc zu widerstehen, aber ihre Bemannung kam bis auf ein paar Köpfe um. Der Berichterstatter verdankt sein Leben nur dem Umstande, dass er sofort untertauchte, indessen war das Wasser um ihn herum so heiss, dass er stark verbrüht wurde, ebenso wie noch vier andere von der Bemannung des Schiffes, die sich auch retteten. Wieder auftauchend, sah er vor sich ein Glutmeer, das die Ruinen der schon eingestürzten Stadt verschlang. Ein furchtbarer Regen glühender Lava, ein unnennbares Gemisch von Schlamm und vulkanischen Bomben senkte sich auf die brennende Stadt und ihre Umgebung, zischend und prasselnd fuhren diese Geschosse bis auf das Meer hinaus. Bei einer kurzen Erhellung gegen 9 Uhr nachmittags sah der Berichterstatter, dass der Gipfel des Vulkanes wie ausgezackt und die Abhänge tief ausgefurcht waren.

H. Thomson befand sich auf der »Roraïma« und betrachtete die grossartige Erscheinung des Ausbruches, während der dritte Ingenieur eben

dabei war, eine Photographie des rauchenden Berges aufzunehmen. Es war einige Minuten vor 8 Uhr. Plötzlich machte sich ein furchtbares Brüllen bemerkbar, gefolgt von einer gewaltigen Explosion. Der Donner dieser letztern kann nur verglichen werden mit der gleichzeitigen Entladung von tausend Kanonen des grössten Kalibers. Der ganze Himmel war wie eine einzige Flamme. Als der Donner einen Moment schwieg, stürzte sich der Kapitän auf die Brücke und schrie der Bemannung zu, die Anker zu lichten. Allein es war zu spät. Ein Wirbelsturm von Dampf fiel auf die Schiffe, und eine Lawine von Feuer fegte über Stadt und Rhede mit der Geschwindigkeit eines Orkanes. Der Dampfer stiess mit dem Hinterteile auf den Grund, und Masten und Kamine gingen über Bord. Augen, Ohren, Mund und Kleider der Bemannung waren mit Asche und Lava bedeckt, die Finsternis so gross, und der Donner so stark, dass niemand sehen oder hören konnte, was einige Fuss von ihm entfernt vorging, und man wörtlich dem Ersticken nahe war. Der Feuerorkan dauerte nur einige Minuten.

Ein Kaufmann aus Fort de France schrieb nach Paris: In St. Pierre hat das Feuer alles vernichtet, aber nicht ein gewöhnliches Feuer, sondern gewissermassen ein Strahl glühenden Gases von ungeheurer Temperatur.

Einer der wenigen Überlebenden aus St. Pierre, ein 38 Jahre alter Neger, hat folgendes dem Korrespondenten des »Temps« erzählt: »Am 8. Mai gegen 8 Uhr morgens befand ich mich auf der Schwelle meiner Wohnung im Südosten der Stadt an der Strasse de la Trace. Plötzlich hörte ich das Pfeifen eines furchtbaren Windes, die Erde begann zu zittern, und der Himmel verdunkelte sich. Ich wollte ins Haus zurück und machte mit grösster Schwierigkeit die 3 oder 4 Schritte, welche mich von meinem Zimmer trennten, ich fühlte meine Arme, meine Beine und mein Gesicht brennen. Ich liess mich unter einen Tisch fallen, und in diesem Momente suchten vier Personen in meinem Zimmer Zuflucht, welche vor Schmerz schrieen, ohne dass aber ihre Kleider die Wirkung von Feuer zeigten. Nach 10 Minuten fiel eine davon, ein 10jähriger Knabe, tot nieder, die andern verliessen den Raum. Ich erhob mich und trat in ein Zimmer, wo ich den Vater Delavaud ganz angekleidet tot auf seinem Bette fand; er war blau und aufgeschwollen, aber seine Kleider waren unverletzt. Ich wollte heraus, aber im Hofe stiess ich auf zwei Leichen, die einander umschlungen hatten, es waren die der beiden jungen Leute, die vorher in mein Zimmer gekommen waren. Ich kehrte nunmehr ins Haus zurück; in einem Raume traf ich auf 2 Leichen von Leuten, die sich im Garten befunden hatten, als ich am Beginne der Katastrophe ins Haus ging. Erschöpft und ohne Besinnung liess ich mich auf mein Bett fallen und erwartete den Tod. Nach einer Stunde kam ich wieder zu mir und sah das Dach brennen, fand aber Kraft, davon zu eilen und Fond-Saint-Denis, 6 *km* von St. Pierre, zu erreichen. Gegen 11 Uhr morgens war ich gerettet. Ich kann behaupten, dass ich, mit Ausnahme der oben genannten Personen, niemand schreien gehört habe; ich habe auch keinen Erstickungsanfall gehabt, noch fehlte mir die Luft, nur war sie brennend heiss. Es gab weder Asche, noch Schlamm. Die ganze Stadt brannte.«

Man kann nach allem Deckert wohl beistimmen, wo er sagt: »Dass die Stadt St.-Pierre den allergrössten Betrag von dem mit der Eruption verbundenen Unheil über sich ausgeschüttet erhielt, ist zum Teil wohl aus dem von dem Mont Pelé auf die Stadt zu wehenden Passatwind zu erklären, zum viel grössern Teile aber ohne Zweifel aus der der Stadt zugewendeten Lage des eigentlichen Eruptionsherdes.«

Ein neuer heftiger Ausbruch des Vulkanes fand am 20. Mai statt, wodurch auch der Ort Carbet zum Teil zerstört wurde, und Lavamassen auf Prêcheur zu flossen. Den Nachrichten zufolge erhob sich eine Wolke glühender Asche aus dem Krater und erregte durch ihr Aussehen selbst in Fort de France Schrecken. Gleichzeitig wurden in Florida Erdstösse wahrgenommen, die in St. Augustine von unterirdischen Detonationen begleitet waren. Die düstere Wolke, die über dem Mont Pelé sichtbar war, entsandte auf Fort de France dichten Aschenregen, während Lavaergüsse aus dem Berge westwärts das Meer erreichten, und angeblich eine Flutwelle vom Meere her kam.

Am 22. Mai war der Mont Pelé wieder ruhig, und der amerikanische Geologe Hill besuchte die nördliche Küste der Insel auf einem Dampfer. Es fand sich, dass die Umrisse der Ufer sich nicht wesentlich geändert haben, und der nordöstliche Teil der Insel prangte im Schmucke seiner Vegetation, auch waren die Ansiedlungen daselbst nicht von den Bewohnern verlassen worden. Die beiden Ausbrüche sind eben relativ nicht bedeutend gewesen und durchaus nicht mit dem grossartigen Krakatauausbruche in Vergleich zu stellen. Am 26. Mai fand wiederum ein Ausbruch des Mont Pelé statt, der einen starken Aschenfall nordwärts bis nach Lorrain hervorrief; auch in der folgenden Woche zeigte der Berg zeitweise lebhafte Thätigkeit. Am 7. Juni erfolgte eine sehr starke Eruption, durch welche selbst in Fort de France 4 Stunden lang fast nächtliche Dunkelheit erzeugt wurde.

Nach Dr. Heilprin ist das Lac des Palmistes verschwunden, dagegen nördlich von ihm ein neuer Krater von 150 *m* Länge und 50 *m* Breite entstanden, und ein ähnlicher neuer Krater hat sich im Quellgebiete des Rivière Falasse in der Gegend von Ajoupa-Bovillon gebildet. Die von der Kgl. Ges. d. Wissenschaften in London nach Westindien entsandten Geologen J. Anderson und John S. Flett kommen zu dem Ergebnisse, [1]) dass bei der Eruption vom 8. Mai eine Lawine glühenden Sandes gegen die Stadt St. Pierre geschleudert wurde. Im nördlichen Teile der Stadt, der in der Richtung auf den Vulkan hin liegt, wurden die Bewohner augenblicklich getötet, die Wände der Häuser wurden dem Boden gleich gemacht, und die Stadt war in einem Momente weggeblasen. Am Südende der Stadt war die Zerstörung geringer. Die Wände der Häuser, die dem Krater zugewandt waren, waren demoliert, die, welche nordsüdlich orientiert waren, standen noch, selbst nach der zweiten Eruption. „In diesem Viertel waren gleichfalls alle Menschen getötet, ausser einem Gefangenen, der in einer schlecht ventilierten Zelle im Gefängnisse eingesperrt war; aber man sagte uns, dass man einige Minuten, nachdem die Glutwolke vorübergegangen war, Menschen in den Strassen herumlaufen

[1]) Proceedings of the Royal Society 1902. 70. p. 423 ff.

sah, die laut vor Schmerzen schrieen, und viele warfen sich ins Meer, um den Todesqualen ihrer Verbrennungen zu entgehen. Es muss daran erinnert werden, dass ein schrecklicher Brand der Eruption folgte, und dass 36 Stunden lang die Stadt ein brennender Haufen gewesen. Eine andere Eruption folgte am 18. Mai und warf viele Gebäude nieder, die stehen geblieben waren. Es ist daher schwer, genau festzustellen, welches die Wirkungen der vulkanischen Glutwolke gewesen, und was dem Brande zugeschrieben werden muss. Aber wir sahen genug, um uns zu überzeugen, dass die heisse Wolke hier wahrscheinlich nicht minder heftig gewesen als auf St. Vincent. Eine eiserne Statue der Jungfrau, die auf einem Steinpiedestal auf der bewaldeten Klippe gestanden, welche die Stadt überragt, wurde abgebrochen und 40 Fuss weggeführt. Sie liegt mit dem Kopfe nach dem Berge zu, und die Richtung der Statue zeigt, dass die Wolke geradenwegs vom Krater über die Stadt zog. Die Bäume, die in den Strassen wuchsen, waren entwurzelt und niedergebrochen. Viele von ihnen zeigten Verkohlung und Erosion an der dem Krater zugekehrten Seite, während die Leeseite noch mit der ursprünglichen Rinde bedeckt ist. Während der einen oder zwei Minuten, die der Glutsturm gedauert, ist so viel Staub auf den »Roddam« gefallen, dass der Hafenmeister zu St. Lucia angab, es seien 120 Tonnen vom Decke entfernt worden, als das Schiff dahin gekommen war.“

Vulkanische Vorgänge auf der Insel St. Vincent fanden nahe gleichzeitig mit den Eruptionen auf Martinique statt. Zunächst wird über St. Vincent folgendes berichtet:

Am 5. Mai wurde der See im alten Krater der Soufrière unruhig, und am 6. Mai gegen 2 Uhr nachmittags verspürte man heftige Bodenerschütterungen und vernahm unterirdisches Getöse. Gegen 7 Uhr abends entstieg dem Krater eine ungeheure Dampfwolke bis Mitternacht. Am 7. Mai wiederholten sich die Erdstösse und Dampfausbrüche. Gegen Mittag schienen sich 3 Krater zu öffnen, die Lava ausspieen: 6 Lavaströme flossen gleichzeitig an den Hängen des Berges herunter. Nach dem ersten Erscheinen der Lava arbeitete der Berg eine halbe Stunde lang heftig, während Blitze um die Ränder des Kraters zuckten. Die schnell aufeinander folgenden Knalle gingen bald in ein ununterbrochenes Getöse über. Dieser Zustand dauerte bis Freitag Morgen an. Den Donner hörte man im ganzen karibischen Meere. Der eigentliche Ausbruch begann am Mittwoch. Eine gewaltige Wolke stieg in dunklen Säulen, mit vulkanischer Materie geladen, 13 *km* hoch von der Bergspitze auf und verbreitete eine Dunkelheit, als wäre es Mitternacht. Die mit Schwefel (? ?) angefüllte Luft war mit feinem Staube geschwängert. Einem schwarzen Regen folgte ein weiterer Regen von Schlacken, Felsstücken und Steinen. Zahlreiche furchtbar helle Blitze wurden beobachtet und erhöhten das Entsetzen, das durch das Erdbeben, das Getöse, die Lava und die fallenden Steine hervorgerufen wurde. Grosse Strecken bebauten Landes wurden begraben. Die Pflanzungen von Valibou und Richmond wurden mit den Dörfern vollständig zerstört, die erstern zum Teil von der See überflutet. Alles Land in diesen Bezirken wurde durchgehend 1 *m* hoch mit Asche und Lava bedeckt. Es war nichts Grünes mehr zu sehen. Mit dem Pflanzenwuchse ist der ganze Viehbestand vernichtet. Die Gebäude wurden zerstört, die Wasserläufe und die Flüsse versiegten.

Am 10. Mai war der Vulkan wieder in Thätigkeit, Asche und Steine fielen bis in das 19 *km* entfernte Kingstown nieder. Der Annahme nach ist der frühere See auf dem Vulkane verschwunden. Am 12. Mai war die ganze Insel in Rauch, Dampf und Nebel gehüllt.

Ein Zeitungskorrespondent, der sich an Bord des Dampfers »Wear« befand, meldet: »Der »Wear« verliess Santa Lucia am 8. Mai abends. Während der ganzen Reise waren die furchtbaren Flammen auf St. Vincent sichtbar. Nach Mitternacht geriet der »Wear« in heftige Regen von grauer Asche. Um 5 Uhr morgens erreichte der Dampfer Kingstown. Man sah jetzt, dass sich der Vulkan im Zustande andauernder Eruption befand. Unaufhörlich erscholl fürchterlicher Donner, und Blitze zuckten ohne Unterlass über die Stätte der Verwüstung. Die Zahl der Blitzschläge belief sich auf 60—100 in der Minute. Kingstown, das zwölf englische Meilen von dem Vulkane entfernt liegt, war am Donnerstag 3 Zoll hoch mit Asche und Steinen bedeckt; das Thal vor dem Vulkane bildete zu dieser Zeit einen drei englische Meilen breiten See. Der Ausbruch wurde zuerst am Montag beobachtet, wobei grosse Wassermassen emporschossen. Die Bevölkerung in der nächsten Umgebung des Vulkanes floh. Seither ertönte das Donnern unaufhörlich weiter. Die Lavaströme machen es unmöglich, nach Norden zu eine Linie zu überschreiten, die Chateau Belair und Georgetown verbindet. Wo vorher ein Thal war, sieht man jetzt einen riesigen Hügel. Der ganze nördliche Teil von St. Vincent steht in Rauch. 50 Menschen wurden, wie berichtet wird, bei dem Versuche, sich zu retten, vom Blitze erschlagen. Am Dienstag und Mittwoch war die Insel völlig mit Asche überschwemmt. Am Donnerstag ging ein anhaltender Regen von heissem Sande und Wasser nieder. Eine grosse Anzahl Menschen wurde längs der Küste von Booten aus Kingstown aufgenommen. Zahlreiche Flüchtlinge waren bei ihrer Ankunft an der Küste dem Verschmachten nahe. Viele von ihnen waren seit 36 Stunden ohne einen Tropfen Wasser. Infolge des Wassermangels ist alles Vieh umgekommen. Wieviel Menschenleben verloren sind, lässt sich vorläufig noch nicht mit Sicherheit angeben; ihre Anzahl dürfte wahrscheinlich mehrere Hundert betragen. Der »Wear« verliess Kingstown um 8 Uhr morgens mit dem Auftrage, ein Hilfsschiff von Belair nach Owia Carib zu schleppen. Auf der Höhe von Barroulie erhielten wir von der Küste die Meldung, dass die Passage unmöglich sei. Wir setzten trotzdem unsere Fahrt fort und hatten dann gegenüber Belair einen grossartigen Ausblick auf die Westseite des Kraters. Lavaströme flossen in allen Richtungen den Berg herunter in die See. Der ungeheure Krater warf ohne Unterlass riesige Aschenmengen aus, die, von ihm hoch in die Luft geschleudert, in die See niederfielen. Dann bemerkten wir einen neuen Weg, der sich eine halbe Meile breit zur See hinabzog. Es war wahrscheinlich vom Wasser abgekühlte Lava. Es war unmöglich, nahe an die Stadt heranzukommen. Die See war dicht mit Bäumen und Trümmern bedeckt. Wir versuchten, durch den Aschenregen hindurch nach der Stadt Santa Lucia vorzudringen, fanden es aber unmöglich, da wir Gefahr liefen, zu ersticken. Am Horizonte war nichts weiter als ein dichter Guss von Asche, Schlamm und andern Dingen zu sehen, der wie eine riesige Mauer aussah. Wir machten Kehrt und dampften luvwärts um die Insel. Gegenüber Georgetown gerieten wir in einen Sturmwind, der Rauch und Trümmer nordwärts trieb und uns einen klaren Überblick über den heimgesuchten Bezirk in seiner ganzen Ausdehnung gestattete. Ausser dem grossen Krater waren noch viele kleine in Thätigkeit. Eine Anzahl Lavaströme sah man in einer Breite von einer halben Meile der See zufliessen. Wir fuhren dicht bei Georgetown vorbei die Küste entlang nach Santa Lucia, entdeckten aber kein Lebenszeichen.«

Der Vulkan auf St. Vincent warf bei dieser Gelegenheit eine ungeheure Menge Asche aus, so dass auf Barbados Strassen, Häuser und Bäume zollhoch mit vulkanischem Staube bedeckt wurden.

Um $3^1/_4$ Uhr nachmittags am 7. Mai begann auf Barbados ein dichter Aschenregen zu fallen, der den Tag in Nacht verwandelte und ununterbrochen bis zum Mittage des 8. anhielt. Am Nachmittage des 7. Mai hatte man in Barbados entfernten Donner gehört, und dann brachte der Telegraph die Nachricht von dem um $^1/_2$2 Uhr erfolgten Ausbruche der Soufrière auf St. Vincent. Der aus pulverförmiger Lava bestehende Staub muss von dem Vulkane bis über den Passatwind hinaus in eine höhere Luftströmung geschleudert worden sein, die sie dann entgegen der Richtung des untern Passats 100 Meilen weit nach Barbados getragen hat. Der Staub drang überall ein, selbst in festverschlossene Wohnräume, und draussen bedeckte er alles mit einer 2 Zoll hohen grauen Schicht. Zeitweise erfolgten auch elektrische Entladungen. Ein gleicher Aschenregen entlud sich über Barbados am 1. Mai 1812, ebenfalls nach einem Ausbruche der Soufrière.

Am 18. und 19. Mai war die Soufrière von neuem thätig, der Boden der Insel zitterte, und Aschenmassen sowie Lava entstiegen dem Schlunde und ungeheure Steinmassen wurden ausgeworfen. Seitdem ist der Berg von mehrern Personen bestiegen worden, die den See auf seinem Gipfel nicht mehr vorfanden, sondern an seiner Stelle eine 600 *m* tiefe Höhlung. Auch bemerkten sie einen neuen Krater, der Dampf ausströmte.

Im Auftrage der Kgl. Ges. der Wissenschaften zu London haben Tempest Anderson und John S. Flett die Insel St. Vincent besucht und einen wissenschaftlichen Bericht über die Vorgänge daselbst erstattet, [1]) dessen wesentlicher Inhalt nachstehend wiedergegeben ist.

Das Rückgrat der Insel St. Vincent bildet einen bis zu 1300 *m* Höhe aufsteigenden Gebirgszug, der aus vulkanischem Gesteine besteht, doch ist die unterirdische Thätigkeit im Süden der Insel anscheinend völlig erloschen. Im Norden erhebt sich dagegen der Vulkan Soufrière bis zu 1230 *m* Höhe und trägt in seinem Gipfel einen nahezu kreisförmigen Krater von etwa 1600 *m* im Durchmesser. Auf dem Nordostwalle dieses Kraters befindet sich ein zweiter, kleinerer, von etwa 500 *m* Durchmesser, und es wird behauptet, dass dieser „neue" Krater bei einer Eruption im Jahre 1812 entstanden sei. Den Ausbrüchen des gegenwärtigen Jahres gingen wiederholte Erderschütterungen vorauf. Am 6. Mai bemerkten die Anwohner auf der Leeseite des Vulkanes die ersten Zeichen der Thätigkeit desselben in Gestalt von Dampfausströmungen; an der entgegengesetzten Seite aber war der Berg in seinen obern Teilen von Wolken verhüllt. Auf dieser Seite hatte man deshalb keine Ahnung von der bevorstehenden Gefahr, und als man diese am folgenden Tage erkannte, waren die sonst gewöhnlich trocken liegenden Schluchten und Rinnsale bereits mit heissem Wasser gefüllt, das vom Vulkane herabgekommen war. So wurde vielen Menschen der Weg zur Rettung abgeschnitten, und die folgende Katastrophe verursachte den Tod von über 2000 Personen. Nach dem Zeugnisse der an der Südwestseite des Vulkanes wohnenden Ansiedler vernahm man am 6. Mai 2 Uhr 40 Min. nachmittags eine heftige Explosion, nach der mächtige Dampfwolken aus dem grossen Krater sich

[1]) Proceedings of the Royal Society 1902. 70. p. 423—445.

in die Luft erhoben. Zwei Stunden später leuchtete der untere Teil dieser Wolken in rotem Feuer, und um Mitternacht erblickte man Flammen am Rande des Kraters. Als der Morgen des 7. Mai anbrach, zeigten sich über dem Vulkane ungeheure pilzförmig gestaltete Rauchmassen, die bis zu gewaltigen Höhen emporstiegen und vom Nordostpassate fortgetragen wurden. Mit zunehmender Tagesstunde wurde der Ausbruch heftiger, und die Dampfwolken erschienen von Blitzen durchzuckt, gleichzeitig sah man, dass dunkle Materien und Steine aus dem Hauptkrater geschleudert wurden. Um Mittag stürzten durch mehrere Schluchten grosse Mengen siedenden Wassers herab, jedoch weder Schlammmassen, noch Laven. So blieb unter furchtbarem Getöse die Thätigkeit des Vulkanes bis 2 Uhr nachmittags, dann aber ereignete sich ein Vorgang, der noch niemals beobachtet worden war. Man hörte, so berichtete den beiden Forschern ein Augenzeuge, heftiges Poltern und sah dann eine schwarze Masse, die einen Hagel von Steinen ostwärts hin entsandte und gleich einem unermesslichen, rötlichen Vorhange gegen Richmond Estate heranrückte. Es war ein Strom heisser Luft, beladen mit glühendem Sande, der verderbenbringend mit ungeheurer Geschwindigkeit vom Berge herabkam, alle lebendigen Wesen, die in seiner Bahn waren, erstickend oder verbrennend und die Vegetation vernichtend. Auf der Leeseite der Küste waren die Anwohner schon vorher geflohen, aber wer noch in den Bereich des heissen Luftstromes kam, musste sterben. Bei Richmond lag ein Boot am Ufer; als die Wolke kam, regnete sie Sand in dasselbe, der glühend heiss war, und wo er in die See fiel, das Wasser zum Aufzischen brachte. Es herrschte währenddessen vollständig nächtliches Dunkel, und die Insassen des Bootes vermochten sich nur dadurch vor der Hitze der Luft zu retten, dass sie im Wasser untertauchten und dies so lange wiederholten. bis die Luft wieder atembar wurde. Sie gaben diesen Zeitraum auf 2 Minuten an, höchstwahrscheinlich aber war er sehr viel kürzer. Auf der Windseite der Insel hatte man noch am Morgen des 7. Mai die Wolken um den Gipfel des Vulkanes für gewöhnliche Gewitterwolken gehalten, aber mittags war diese Täuschung geschwunden, und die noch anwesenden Arbeiter in den Pflanzungen flohen auf Georgetown zu. Um 2 Uhr begann feine Asche zu fallen, dann kamen auch grössere Steine, zuletzt aber sah man die schwarze Wolke mit rasender Schnelligkeit den Berg hinabstürzen, und nun flüchtete alles in die nächst gelegenen Häuser und Schutzstätten, wo die Menschen sich so zusammendrängten, dass später in einem einzigen kleinen Zimmer 87 Leichen gefunden wurden. Augenzeugen versicherten, die schwarze Wolke sei, von Blitzen durchzuckt, ins Meer hinabgerollt, und während ihres Vorüberganges war auch in gewisser Entfernung von ihr der vorbeifegende Luftstrom tödlich heiss und mit heissem Sande beladen. Manche überdauerten den nur wenige Minuten anhaltenden Vorgang, um doch nach kurzer

Zeit zu sterben; viele, besonders solche, welche sich in die Keller geflüchtet oder Thüren und Fenster verschlossen hatten, kamen mit dem Leben davon, offenbar weil sie die glühend heisse Luft nicht eingeatmet hatten. Der ganze nördliche Teil der Insel war in dichte Finsternis gehüllt, und aus der Luft regneten Sand, Asche und Steine, letztere so heiss, dass sie die Dächer einzelner Hütten bei Georgetown in Brand setzten. Ununterbrochen zitterte die Erde. Die vom Vulkane ausgeworfene Asche wurde zum Teile bis in die Region des obern Passats geschleudert und von diesem ostwärts getragen, so dass sie gegen $5^1/_2$ Uhr nachmittags die Insel Barbados erreichte, wo am andern Morgen der Boden damit bedeckt erschien. Während dieser ganzen Zeit stiess der Vulkan schiefergraue Dampfwolken aus, und selbst aus den Schluchten auf seiner Südseite stieg Dampf auf. Man glaubte anfangs, dort hätten sich Spalten gebildet, denen Lava entstiegen sei, allein der Dampf entstand lediglich aus dem Wasser, welches den heissen Sand durchströmte, der die Abläufe verstopfte. Am 15. Mai war der Berg ruhig und wolkenfrei, nur in den Schluchten machten sich noch Dampfexplosionen bemerkbar, aber am 18. geriet er wieder in Aufruhr. Heftige Detonationen erschollen, Finsternis herrschte an der Leeseite des Vulkanes, und mehrere Stunden lang fielen Sand und Asche in reichlicher Menge. Am 8. Juni langten die beiden von der Königlichen Gesellschaft abgesandten Geologen auf der Insel an und nahmen zunächst ihren Aufenthalt in Chateaubelair, wo ihnen für ihre Arbeiten ein Haus zur Verfügung gestellt wurde. Sie fanden die Umgebung des Vulkanes mit feinem dunkeln Sande bedeckt, der viele vulkanische Bomben und Blöcke aus den Gesteinen des Berges umschloss. Das gröbere Material bestand aus Andesit, und die ausgeworfenen Blöcke waren verwitterte Andesite oder Andesittuffe, wie sie an den Kraterwänden zutage treten; die grössern Bomben erschienen stark glänzend und auf dem Bruche glasig. Bimsstein wurde nur wenig gefunden, dagegen vielfach feinkörniges, erhärtetes Sediment, das wahrscheinlich dem Schlamme am Boden des frühern Kratersees oder Schichten, die in ältern vulkanischen Bänken eingelagert waren, entstammt. An andern Stellen fanden sich Blöcke, die ein grobkörniges Aggregat von Feldspat und Hornblende bilden, sehr brüchig sind und den Saniditen der Eifel und anderer vulkanischer Gegenden ähneln. Die Aschenablagerungen erreichten in der Nähe von Georgetown eine Mächtigkeit von 0,8—1 *m*, an den höhern Gehängen des Berges aber das Vier- oder Fünffache. Ein breites, tiefes Thal auf der Südseite der Soufrière hat den grössten Teil der Auswürflinge des Vulkanes aufgenommen und erschien mit Sand, Bomben und Blöcken angefüllt, ebenso eine früher 65 *m* tiefe Schlucht auf der Westseite und an den Thälern. Die beiden Forscher kommen zu dem Schlusse, dass unter heftigen Windstössen eine ungeheure Menge glühend heissen Sandes dort lawinengleich herabgestürzt sei, die Schluchten ausge-

füllt und auf dem trennenden Bergrücken alles fortgefegt habe, worauf ein stundenlanger Regen vulkanischen Materiales folgte, der die ganze Gegend mit Staub und Schlacken bedeckte. Als die beiden Geologen den Vulkan bestiegen, fanden sie zunächst in den Zuckerrohrfeldern von Rabaca den Boden über 1 *m* hoch mit Sand und Schlacken bedeckt und die Bäume durch die gefallene Asche der Blätter beraubt, aber sonst nur wenig beschädigt. Das Holz der dort stehenden Häuser erschien nicht verbrannt, aber manche Dächer waren infolge des Gewichtes der darauf gefallenen Aschenmassen eingedrückt. Zahlreiche Menschen waren in diesem Gebiete umgekommen, und die Überlebenden schilderten die grauenhafte schwarze Wolke, welche das Verderben brachte. Höher hinauf fanden sich an vielen Bäumen die Äste gebrochen, auch die Negerhütten verbrannt; offenbar war dort der Luftstrom heisser gewesen, doch nicht so sehr, dass er das grüne Holz der Bäume verkohlen konnte. In noch grössern Höhen, von etwa 350 *m*, waren dagegen die Bäume niedergebrochen und die Äste fortgefegt; schwarzer Sand bedeckte den Boden der Zuckerfelder, und es zeigte sich deutlich, dass hier die heisse Luft mit Sturmesstärke aufgetreten sein musste. Weiter aufwärts fanden sich die grössten Bäume entwurzelt, selbst solche mit Stämmen von 3 *m* und darüber im Durchmesser; alle wiesen mit den Kronen thalwärts, während die Wurzeln dem Berggipfel zugekehrt waren. Die meisten Stämme erschienen oberflächlich verkohlt, manche aber auch bis tief ins Innere. Wo an der untern Grenze dieser Region hin und wieder Stämme oder Äste stehen geblieben waren, zeigten sich diese ausnahmslos an der dem Krater zugewandten Seite verbrannt und verkohlt, an der andern war dagegen die Rinde nur abgeschält und trocken. In der Höhe von 500 *m* waren von der üppigen tropischen Vegetation, die ehedem den Berg bis zum Gipfel bedeckte, nur noch Reste abgebrochener und im schwarzen Sande vergrabener Baumstämme zu finden. Die obersten Teile des Berges endlich stellten eine völlige Wüste dar, bedeckt von 2—4 *m* mächtigen Schichten feinen vulkanischen Sandes, in dem sich Bomben und Blöcke zeigen, hier und da auch die in Kohle verwandelten Reste verbrannter Baumstämme, aber nichts, was einen Anhalt bieten konnte zur Beurteilung der Geschwindigkeit des Stromes glühender Luft, der über diese Region hinweggefegt war. In einer Entfernung von vier englischen Meilen vom Krater wurde diese Geschwindigkeit zu 30—60 *km* in der Stunde geschätzt, tiefer unten verlangsamte sie sich. Die beiden Forscher betonen, dass dieser Schwall bei seinem Hinabsausen von den Unregelmässigkeiten des Bodens beeinflusst wurde. Der Kraterwall ist im Norden höher als auf der südlichen Seite; infolgedessen hat sich die Lawine heissen Sandes fast wie eine Flüssigkeit über diesen Teil des Kraterrandes ergossen und stürzte, dem steilsten Gefälle folgend, durch das tiefe offene Thal zwischen der Soufrière und dem Morne Garu abwärts, stets am Thalboden klebend, wie ein reissender Strom. Derselbe

folgte weiter den Thälern der Flüsse, die von dem Berge herabkommen, und füllte sie aus, aber ein Teil der Sandmassen stieg in seinem rasenden Laufe an den Flanken des Morne Garu wieder empor und verheerte dort die Waldungen. Aus den Richtungen der gefällten Stämme lässt sich schliessen, dass der heisse Sand- und Luftstrom sich hier spaltete, ein Teil drang ostwärts, der andere westwärts nach oben. Der Berg aber schützte die hinter ihm liegende Gegend: auf der Nordseite ist alles verbrannt und vernichtet, die südlichen Abhänge aber prangen im Glanze der tropischen Vegetation. Die Bewegung der vulkanischen Sandmassen zeigte in diesem Falle die vollständigste Übereinstimmung mit den Bewegungen, die man in der Schweiz gelegentlich mancher Bergstürze beobachtet hat, bei denen ebenfalls die zu Thale donnernden Massen an entgegenstehenden Höhen emporbrandeten. Auch die stürmischen Luftstösse sind in diesen Fällen wesentlich auf die gleichen Ursachen zurückzuführen, nur war beim Ausbruche der Soufrière die Luft sehr heiss, weil sie durch die glühenden Sandteilchen erhitzt wurde. Der Vulkan selbst hat seine Gestalt infolge der Eruption nur äusserst wenig geändert. Selbst der grosse und der kleine Krater haben ihre frühere Form und Grösse bewahrt, und von der Insel ist nur an einer Stelle der Küste ein schmaler Streifen verschwunden.

Anderson und Flett finden, dass der Vulkan Soufrière und der Mont Pelée dem gleichen Typus angehören; es sind einfache Kegel mit einer grossen Esse nahe dem Gipfel und ohne parasitische Krater. Sie sind beide tief eingekerbt durch Schluchten, und an ihren Südwestseiten liegt ein breites Thal, das auf Martinique von der Stadt St. Pierre, auf St. Vincent von dem Wallibuthale eingenommen wird. In diesen Thälern war die Zerstörung am umfangreichsten. Auf beiden Inseln waren die jüngsten Eruptionen charakterisiert durch paroxysmenartige Entladungen von heissen Aschen und ein vollständiges Fehlen von Lavaströmen. In St. Vincent aber war die Masse des ausgeworfenen Materiales viel grösser, und ein beträchtlich grösseres Areal des Landes ist zerstört worden als auf Martinique. Dass der Verlust an Leben nicht so gross gewesen, kann erklärt werden durch das Fehlen einer volkreichen Stadt am Fusse des Berges. Wäre St. Pierre an der Mündung des Wallibuthales angelegt, es wäre zweifellos nicht minder vollständig zerstört worden. Auf dem Mont Pelée hat sich ein Spalt an der Südseite des Berges geöffnet zwischen dem Gipfel und St. Pierre, aus dem die Glutwolke ausgestossen wurde, die die Stadt erdrückte, während auf der Soufrière die alten Öffnungen verwendet wurden. Die Eruption des Pelée begann mit dem Fliessen von Schlammlaven, in St. Vincent hingegen wurden keine solchen gesehen. Anderseits war die Glutwolke, die über die dem Verderben geweihte Stadt niederfegte, im wesentlichen derjenigen der Soufrière ähnlich. Beide Eruptionen erzeugten hauptsächlich heissen Sand und Staub, mit einer kleinen Menge von Bomben und ausgeworfenen Blöcken.

Der eigentümlichste Charakterzug dieser Eruption ist aber die Lawine glühenden Sandes und die grosse, schwarze Wolke, die sie begleitete. „Die Vorstadien der Eruption, welche einige Tage oder nur einige Stunden einnehmen können, bestehen in Ausbrüchen von Dampf, feinem Staube und Steinen und in der Entladung der Kraterseen als Ströme von Wasser oder Schlamm. Hierin ist nichts Ungewöhnliches, aber sobald der Kraterschlund vollständig entleert und der Höhepunkt der Eruption erreicht ist, hebt sich eine Masse glühender Lava und quillt über den Kraterrand in Form einer Lawine von rotglühendem Staube. Es ist eine Lava, die in Stücke geblasen ist durch die Ausdehnung der Gase, die sie enthält. Sie stürzt an den Gehängen des Hügels nieder und führt mit sich einen schreckenverbreitenden Blast, der alles auf seinem Wege niedermäht. Das Gemisch von Staub und Gas verhält sich in vielen Beziehungen wie eine Flüssigkeit. Die genaue chemische Zusammensetzung dieser Gase ist noch unbestimmt. Sie bestehen scheinbar hauptsächlich aus Dampf und schwefliger Säure. Viele Gründe machen es unwahrscheinlich, dass sie viel Sauerstoff enthalten hat, und das Atmen war daher in ihnen ganz unmöglich."

Die Zusammensetzung des bei den Ausbrüchen auf den Antillen ausgeworfenen Staubes. Eine Zusammenstellung der in englischen und französischen Berichten gegebenen Daten über diese Auswurfserzeugnisse giebt folgende Tabelle.[1])

	Staub von St. Vincent vom 7. Mai 1902 nach L. Smith.		Staub von Barbados vom 12. Mai 1902	Asche vom Mont Pelé		Andesit (Hypersth.) vom Mount Shasta in Kalifornien
	insgesamt	hierv. lösl. i. Salzsäure		von 1902 nach A. Lacroix	von 1851	
Kieselerde als Rest bestimmt	51.523	—	—	—	—	—
"	—	0.108	53.00	59.40	60.15	62.00
Titanoxyd	1.000	s. Thonerde	—	0.30	0.39	0.17
Eisenoxyd	6.372	2.890	2.95	0.77	2.79 }	4.40
Eisenoxydul	—	1.630	4.45	4.59	3.33 }	
Thonerde	21.648	12.460	20.75	18.51	18.31	17.84
Magnesia	4.716	0.778	3.50	2.45	2.88	2.64
Kalk	10.000	5.940	10.00	6.87	5.75	5.37
Kali	0.675	0.085[2])	1.10	0.86	1.61	1.47
Natron	3.551	1,155	3.10	3.77	3.11	4.29
Phosphorsäureanhydrid	0.141	0.038[3])	Spuren	—	—	0.29
Schwefelsäureanhydrid	0.124	0.124	—	—	—	—
Glühverlust	0.060	—	—	3.12	3.00	1.66
Wasser	0.190	—	—	—	—	—
Summe	100.000	25.208	99.35	100.64	101.32	100.13

[1]) Potoniés Wochenschrift 1902. p. 621.
[2]) Hiervon 0.028 in 1 %iger Citronensäure löslich.
[3]) Hiervon 0.022 in 1 %iger Citronensäure löslich.

Über die am 7. Mai vom Vulkan Soufrière ausgeworfene vulkanische Asche macht auch C. Klein einige Mitteilungen. [1] Hiernach ist dieselbe in Bezug auf ihre mineralogische Zusammensetzung nicht wesentlich verschieden von der des Gesteins vom Fort de France und der Soufrière (Guadeloupe).

Die geographische Bedeutung der mittelamerikanischen Vulkane. Die Erdbeben und Vulkanausbrüche, die im Jahre 1892 auf den Antillen und in Mexiko so grosse Verheerungen angerichtet, haben die Aufmerksamkeit weiterer Kreise auf die zahlreichen Vulkane gelenkt, die das östliche und vor allem das westliche Gestade des Karibischen Meeres umsäumen. Die schlimmen Wirkungen dieser Feuerberge wurden dabei so gut wie ausschliesslich in Betracht genommen. Inzwischen hat sich einer der besten Kenner der mittelamerikanischen Vulkane, Professor Karl Sapper in Tübingen, in einer Fachsitzung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin über die Bedeutung verbreitet, welche die mittelamerikanischen Vulkane als gewaltige Oberflächengebilde auf das Klima und die biologischen Verhältnisse ihrer Umgebung ausüben, sowie über die wirtschaftlichen Folgen, die unmittelbar oder mittelbar durch die vulkanische Thätigkeit veranlasst werden. Unter diesen bisher wenig beachteten, rein geographischen Gesichtspunkten erscheinen die mittelamerikanischen Vulkane trotz ihrer gelegentlichen Verheerungen geradezu als Wohlthäter dieser Gebiete. Ihre Entstehung hat zunächst einen bedeutenden Einfluss auf den Verlauf der Küstenlinie ausgeübt und nennenswerte klimatische Differenzierungen zustandegebracht. Die höchsten Vulkangipfel Mittelamerikas reichen bis in die Region gelegentlichen Schneefalles, und die Besiedlung ihrer Abhänge durch Pflanzen brachte eine bunte Mannigfaltigkeit in die streckenweise recht einförmigen biologischen Verhältnisse der benachbarten pazifischen Gebiete. Die reihenförmige Anordnung und enge Zusammendrängung der mittelamerikanischen Vulkane bewirkt weiter, dass diese an vielen Stellen geradezu als Klimascheiden auftreten, und dass die natürliche Klimagrenze zum Teil wesentlich verschoben ist. Auf die Entwickelung des Verkehrswesens wirken die Vulkanberge meistens hindernd ein, zwingen, besonders wo sie eng gedrängt stehen, den Verkehr zu beträchtlichen Umwegen und veranlassen auch bedeutende Steigungen. In einzelnen Fällen kommt es sogar vor, dass ein Weg leichter über den Vulkanberg hinweg als an ihm vorbeigeführt werden kann, und Professor Sapper weist als Beispiel auf die Hauptverkehrsstrasse von Cartago nach dem Tieflande von St. Clara in Costarika hin, die über den Gipfel des Irazu hinwegführt. Lavaströme verursachen in frischem Zustande oft beträchtliche Erschwerungen des Verkehrs, auf der andern Seite bilden alte Laven

---

[1] Sitzber. der Kgl. Preuss. Akad. der Wiss. 1902. 41. p. 993.

aber auch sehr geschätzte Materialien für die verschiedensten Bauten. Die Verwüstungen, welche die noch thätigen Vulkane gelegentlich anrichten, sind in Bezug auf Verluste von Menschenleben oft recht traurig, aber Professor Sapper betont, dass die nachhaltige Wirkung dieser Ereignisse geringfügig ist, indem rasch neue Lebewesen an Stelle der umgekommenen treten, eine neue Pflanzendecke sich wieder einstellt und oft sogar mit erhöhter Üppigkeit gedeiht, weil die an Nährsalzen reichen Aschen bei genügender Feuchtigkeit als Düngung wirken. In dem wirtschaftlichen Leben und den Siedlungsverhältnissen der Bevölkerung zeigt die vulkanische Thätigkeit die deutlichste Einwirkung. Erdbeben im Gefolge der Ausbrüche haben wiederholt zur Verlegung von Städten geführt, und ganz allgemein beeinflusst die stete Gefahr plötzlicher und grosser Erderschütterungen die Bauweise der Häuser. Die meisten Wohngebäude sind einstöckig, und für grössere Gebäude werden vielfach besondere Konstruktionen gewählt, um den Erdbeben bessern Widerstand zu leisten. Ungleich bedeutender als die Thätigkeit der Vulkane in historischer Zeit ist der Einfluss, den die lockern vulkanischen Auswürflinge auf Verkehrswesen, Wirtschaftsweise und Bevölkerungsdichtigkeit ausgeübt haben, sowohl infolge ihrer ungemeinen Verbreitung als auch wegen ihrer Eigentümlichkeiten. Die starke Wasserdurchlässigkeit dieser Ablagerungen hindert da, wo sie in grosser Mächtigkeit auftreten, den Baumwuchs, und Ackerbau ist dort nur in feuchten Klimaten, oder wo künstliche Bewässerung angewandt werden kann, ertragreich. Aber selbst, wo in jenen Gebieten starke Niederschläge fallen, herrscht Wasserarmut, und manchmal muss das Trinkwasser meilenweit durch Lasttiere herbeigeschafft werden. Wegen ihres Reichtums an Nährsalzen wirken indessen leichte Lagen feiner vulkanischer Aschen, wo sie den Pflanzen den Zugang zu minder durchlässigem feuchten Boden gestatten, höchst günstig. Es ist, wie Professor Sapper hervorhebt, bezeichnend, dass der wichtigste Ausfuhrartikel Mittelamerikas (Kaffee) vorzugsweise von vulkanischem Boden herstammt. Diese Bodenart ist unter sonst günstigen physikalischen Bedingungen und bei hinreichender Feuchtigkeit geeignet, viele Jahre hindurch immer wieder mit gutem Erfolge den Anbau von Feldfrüchten zu gestatten, während der nicht vulkanische Boden vielfach nach einmaligem Anbaue beim Fehlen der Düngung eine mehrjährige Brachzeit verlangt. Deshalb übt der vulkanische Boden einen stark verdichtenden Einfluss auf die Bevölkerung aus. In der Nähe der Vulkanreihe zieht sich weithin durch Mittelamerika eine ziemlich breite Zone dichtester Bevölkerung, und selbst in vulkanfernen Gegenden ruft das Auftreten vulkanischen Bodens gleichzeitig auch Inseln grösserer Bevölkerungsdichtigkeit hervor.

Der Cotopaxi und die umgebenden Vulkanberge. Eine geologisch-topographische Beschreibung des Cotopaxi und seiner Um-

gebung gab W. Reiss, [1]) der Begleiter A. Stübels auf der so ergebnisreichen Forschungsreise beider in Südamerika.

Der Cotopaxi (5943 *m* hoch) gehört seiner Grösse und schönen Form wegen zu den bedeutendsten vulkanischen Gebilden Ecuadors und bietet sich als grossartiger, schneebedeckter Kegel, von allen Seiten freistehend, den Blicken dar. Wie Trabanten sind ihm gegen Norden und Nordwesten die vulkanischen Berge: Sincholagua (4988 *m*), Rumiñahui (4757 *m*) und Pasochoa (4255 *m*) vorgelagert, Berge, welche in anderer Umgebung sowohl ihrer Höhe, als ihrer Gestaltung wegen eine hervorragende Stellung einnehmen würden. Gegen Osten schliesst sich an den Cotopaxi noch ein schneebedeckter Vulkanberg, der Quilindaña (4919 *m*), an, ringsum freistehend, aber für den bewohnten Teil des Landes durch den gewaltigen Cotopaxi-Kegel völlig verdeckt.

Die gleichmässig vollendete Form des Berges wird nur durch den auf der Südseite hervortretenden Picacho unterbrochen. Es ist schwer, den eigentlichen Fuss des Berges zu bestimmen. An der Nordseite ruht derselbe auf einem Plateau alter Gesteine in etwa 3700 *m* Höhe. Hier wird durch die Nordabhänge des Cotopaxi und die Süd- und Ostgehänge des Sincholagua und Rumiñahui ein gewaltiger interkolliner Raum umschlossen, in welchem von Osten, von Rumi-urcu her, der Rio Pita, von Süden, von Limpio-pungu her, der Rio Pedregal gegen Norden sich wendend herabfliessen, um, zum Rio Pita vereinigt, durch den Engpass zwischen Sincholagua und Pasochoa nach der Mulde von Quito, nach dem Chillo-Lande abzufliessen. Der ganze Raum zwischen den drei mächtigen Vulkanbergen ist mit den neuen Ausbruchsmassen des Cotopaxi, namentlich mit den durch die Schlammströme herabgeführten Schuttmassen erfüllt, alles bedeckt von der einförmigen, fast schwarzen Aschenschicht der letzten Ausbrüche: eine grossartige Einöde von ernstem, düsterem Charakter. Aus der hier bis etwa 4700 *m* herabreichenden Schneehülle des obern Kegelteiles treten schwarze Lavaströme hervor, die, meist dem Laufe alter Wasserrisse folgend, nach dem interkollinen Raume zwischen Cotopaxi, Rumiñahui und Sincholagua sich ergossen haben. Manche der Ströme erscheinen wie schwarze Leisten; sie lassen sich als dunkle Streifen oder kammartige Rücken oft noch weit in die Schneeregion verfolgen. Enge, von steilen Wänden begrenzte Wasserrisse, welche gegen den Fuss des Kegels hin sich rasch erweitern und verflachen, ziehen an den Abhängen herab. Der Cotopaxi ist kein vollkommener Kegel, er ist von Nord nach Süd etwas gestreckt, so dass in der Nordansicht die schmale Seite des Kraterrandes dem Beschauer zugewendet ist.

Ganz anders stellt sich die Westseite des Cotopaxi dar: hier sind keine Vulkanberge vorgelagert. Aus dem bebauten, ca. 3000 *m*

[1]) W. Reiss und A. Stübel, Reisen in Südamerika. Das Hochgebirge der Republik Ecuador 42. p. 63—189. Berlin 1902.

hohen Grunde des interandinen Hochlandes steigt in mächtiger Breite der gewaltige Berg vor dem Beschauer auf. Weite Aschenfelder dehnen sich unterhalb der Schneegrenze aus, und auf begrünten, dem Fussgebirge des Cotopaxi angehörigen Vorhügeln ruht der Fuss des verderbenbringenden Vulkankegels. Grüne Felder, Haciendas, kleine Ortschaften ziehen sich am Fuss des Berges hin, sie bilden den belebten Vordergrund zu einer der grossartigsten und schönsten Vulkanlandschaften der Erde. Von keiner andern Seite erscheint der Berg so breit, so mächtig, mit so gleichmässigem, weit herabreichendem Schneemantel, von keiner andern Seite zeigt sich so schön die regelmässige Form des Kegels, dessen abgestumpftem Gipfel fast stets eine Dampfwolke entsteigt.

Man darf dabei nicht an einen Kegel denken, wie Humboldts Abbildung ihn darstellt, ein Bild, welches ein halbes Jahrhundert lang in allen Lehrbüchern der Geologie reproduziert und in den Wiederholungen noch an Steilheit übertrieben wurde. In sanft geschwungener Linie zieht von Süden her der Abhang des Cotopaxi ganz allmählich in die Höhe, geht aufwärts in steilere Gehänge über, die in dem mit Schnee bedeckten Teile 30, dann 32 und 35^{0} Neigung erreichen. An diesem scheinbar ganz gleichmässigen Gehänge ragt unvermittelt die schwarze Felsmasse des Picacho empor, der von Westen gesehen in seiner ganzen Breite zur Ansicht gelangt. Der Gipfel des Cotopaxi wird durch den fast horizontalen Kraterrand gebildet, an dessen Süd- und Nordseite als kleine Erhöhungen die beiden höchsten Gipfel (5922 *m* und 5943 *m*) des Berges aufragen. Das Eigentümliche in dem Bilde, welches der Cotopaxi von der Westseite bietet, liegt darin dass, während sonst die Profillinien in Höhen von 3900—4000 *m* Höhe endigen, der dem Beschauer hier gerade gegenüberliegende Westabhang des Berges sich bis zu nahe 3000 *m* herabzieht. So glatt sich nun auch die Konturen des Kegels zeigen, so ist doch, ebenso wie die Nordseite, auch der ganze Westabhang durch tiefe Wasserrisse zerschnitten, in welchen weithin sichtbar schwarze Lavaströme die Schneemassen durchbrechen und bis tief am Abhange herabsinken. Der Fuss des Berges ruht hier im Westen mit seinen Aschenfeldern auf flachen, durch Quebradas getrennten Rücken, unter welchen namentlich der »Las Planchas« (3547 *m*) genannte Teil mit dem darüber hervorragenden Cerro de Ami in die Augen fallen. Diese Vorhügel sind steil gegen Westen, gegen den Rio Cutuchi zu, abgeschnitten. Es dürften dieselben Überreste des Cotopaxi-Fussgebirges sein, das hier noch nicht ganz unter den neuern Ausbruchsmassen begraben ist.

Gegen die Südseite des Berges nehmen die alten Vorhügel anHöhe zu, Schluchten, 200—300 *m* tief eingeschnitten, durchfurchen die Abhänge. An ihren Wänden sieht man gewaltige Tuff- und Schuttmassen, im Grunde der Thäler Schutt und Schlamm der Avenidas, während der Bach selbst meist in einem engen, in Lava-

felsen eingeschnittenen Kanal verläuft. Weiter gegen Osten treten grosse Bimssteinablagerungen in den Thälern auf und in der Nähe des Picacho rote Aschen- und Schlackenschichten, sowie auch feste Lavabänke. Wie eine Insel der alten Formation erhebt sich der Picacho aus dem gleichmässigen Abhange des neuen Kegels. Der Südabhang des Kegels ist sehr steil und mit einer vielfach zerrissenen Eismasse bedeckt, deren rauhe, zackige Oberfläche einer Besteigung von dieser Seite unüberwindliche Hindernisse bereiten dürfte. So gleichmässig ist der Eismantel, dass nur vereinzelte schwarze Felszacken daraus hervorragen. Hier fehlen die tiefen Rinnen und Risse, welche an den übrigen Seiten des Kegels den Abhang durchfurchen, denn nach dieser Seite haben sich seit langen Zeiten keine Lavaströme ergossen.

Die Ostseite ist dagegen wieder wild zerrissen. Eine ganze Reihe frischer Lavaströme ziehen aus der Schneebedeckung herab, erfüllen die Schluchten und liegen wie schwarze Dämme auf den gegen Osten steil abgeschnittenen, wohl dem Fussgebirge zugehörigen Rücken. Es ist wohl die steilste und am wenigsten ausgedehnte Seite des Berges. In den Schluchten lassen sich deutlich die Laven und Aschenschichten erkennen, aus welchen der ganze Ausbruchskegel aufgebaut ist. Die durch die Schlamm- und Wasserströme erzeugten Wasserrisse vertiefen sich am Fusse des Kegels zu Schluchten und Thälern, in welchen flachliegende Laven, oft 70—80 *m* mächtig, aufgeschlossen sind. Es muss aber zweifelhaft bleiben, ob diese mächtigen Lavenbänke dem eigentlichen Cotopaxi oder dem Fussgebirge zuzurechnen sind.

Der auf dem Gipfel des Berges eingesenkte Krater ist, wie der ganze Berg, von Süd nach Nord langgestreckt. Seine Innenwände begrenzen in steilen, hier und da wohl senkrechten Abstürzen die trichterförmige Vertiefung. Feste Lavabänke herrschen unbedingt vor, Schutthalden bedecken zum Teil die Felswände und ziehen sich nach dem engen, von grossen Blöcken erfüllten Grunde. Gänge sind in der Kraterwandung nicht beobachtet worden. Während Gestalt und Grösse des Kraters durch die Eruptionen der letzten Jahrzehnte nur wenig verändert erscheinen, wechselt das Aussehen des Innern und selbst der Kraterränder mit den einzelnen Ausbrüchen. Bei dem Besuche von Reiss im Jahre 1872 (28. November) zeigte der Krater nur geringe Fumarolenthätigkeit. Der Krater erschien von elliptischer Form, breiter von Nord nach Süd, als von Ost nach West. Von seiner ganzen Umfassung senkten sich sehr steile Felswände und vereinigten sich am Grunde beinahe in einem Punkte, so dass dort keine Fläche gebildet wurde. Den Nordostteil bedeckte, beinahe von oben bis unten, eine grosse Schneemasse, während ausserdem in dem Krater nur einige wenige, unbedeutende Eismassen sichtbar waren. Die vielen, auf allen Seiten erfolgten Bergstürze liessen den eigentlichen Bau der Wände nicht unterscheiden. Ungemein häufig

sind solche Loslösungen besonders im westlichen Teile; fortwährend hörte man das Getöse der herabrollenden Steine. Die am wenigsten steile Wand, an welcher man vielleicht in den Krater hätte gelangen können, war die südwestliche; dort gewahrte man auch einige ziemlich ansehnliche Fumarolen, die ohne irgend welches Geräusch dicke Wolken eines weissen Dampfes, der stark nach schwefliger Säure roch, ausströmten, während sich über den Fumarolen ein kleiner Schwefelherd (hornillo de azufre) gebildet hatte. Übrigens entwichen an diesem Abhange an mehrern Stellen heisse Dämpfe; doch konnte man weder Ablagerungen von Sublimationen, noch jene vielfach in Kratern beobachtete starke Färbung wahrnehmen.«

Nach der trigonometrischen Messung von W. Reiss hatte der Krater 1872 einen Durchmesser von 776 *m*, die Tiefe schätzt er auf 500 *m*. Der Eis- und Schneemantel spielt im Aussehen des Berges eine grosse Rolle, er trägt dazu bei, diesem seine oft bewunderte Gestalt zu geben. Es handelt sich aber, sagt Reiss, auch hier nicht um mehr oder weniger mächtige Schneelager, es ziehen vielmehr gewaltige Gletscher von unbekannter Mächtigkeit an den Abhängen herab. Freilich sind sie nur an wenigen Stellen der Beobachtung zugänglich, da sie durch die sich oft wiederholenden Ausbrüche stets mit Aschenablagerungen bedeckt sind, die oft eine Mächtigkeit von mehrern Metern erreichen können. Nun schneit es fast zu allen Jahreszeiten am Cotopaxi; die warmen, aus den Tiefebenen des Amazonas - Beckens aufsteigenden Luftströmungen setzen ihre Feuchtigkeit in Form von Schnee an den in die kältern Luftschichten aufragenden Kegel ab. Aber auch die Ausbrüche des Cotopaxi wiederholen sich in steter Wiederkehr, so dass bald der Schnee unter Asche, bald die Asche unter frisch gefallenem Schnee begraben wird. So bilden sich mächtige Schichtenfolgen von weissem Schnee oder blauem Eise mit schwarzen Zwischenlagern von mehr oder minder dicken Aschenstreifen. . . .

Oft wird, selbst bei ganz geringfügigen Ausbrüchen, die sonst die Aufmerksamkeit der Anwohner in keiner Weise erregen würden, eine ganze Seite des Berges mit Asche überschüttet. Dann heisst es in Ecuador: Der Cotopaxi hat in einer Nacht all seinen Schnee verloren. So mag es sich auch im Jahre 1803 bei dem am 4. Januar erfolgten Ausbruche, von welchem A. v. Humboldt nach Hörensagen berichtet, verhalten haben. Eine solche Aschenbedeckung scheint sehr bald wieder zu verschwinden, da entweder die dunklen Aschen- und Schlackenteile durch die Sonne in die alte Schneedecke eingeschmolzen oder, bei frischem Schneefalle, unter einer neuen Schneeschicht begraben werden. Bei frischem Schneefalle überzieht sich der ganze Berg mit einer gleichmässigen weissen Decke, deren unteres Ende in 3700—3800 *m* Höhe ohne jede Ausbuchtung oder Einzackung verläuft, aus der nur die durchwärmten Kraterteile und die an den Gehängen herabziehenden neuen Lavaströme dunkel her-

vorragen. Der Schnee kann auf der Oberfläche der neuen Laven nicht alle Rauheiten ausfüllen, und manche der Ströme sind noch in ihren innern Teilen so warm, dass der Schnee rasch wieder weggeschmolzen wird. Bei solch einem frischen Schneefalle kann man den Verlauf der neuen Ströme gut verfolgen und auch den Verlauf der Lavaströme an der Westseite entwirren, was sonst bei der gleichmässigen, dunklen Farbe dieses Teiles des Abhanges recht schwierig ist.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen, d. h. wenn kein frisch gefallener Schnee die Abhänge bedeckt, zeigt sich die untere Schneegrenze als eine vielfach auf- und absteigende Linie. Die Schnee- und Eisbedeckung reicht auf den Höhen zwischen den Schluchten, sowie auf den langgestreckten, von nahe dem Kraterrande herabziehenden Rücken weiter herab als in den Thälern und Schluchten. Das hat darin seinen Grund, dass bei den in verhältnismässig kurzen Zwischenräumen sich wiederholenden Ausbrüchen die Schneeablagerungen in den Thälern und Schluchten durch die vom Krater kommenden Lavaströme oder durch die bei den Ausbrüchen erzeugten Schlammströme immer wieder zerstört und weggeführt werden und es so zu keiner Eisbildung kommen kann. Auf den Rücken und Höhen zwischen den Thälern ist oft der untere Teil der Gletscher und Schneebildung mit Asche überschüttet, so dass alsdann die richtige Bestimmung der untern Schneegrenze mit Schwierigkeiten verknüpft ist, da es sich nicht immer feststellen lässt, ob man es mit einem vorgeschobenen Gletscher oder mit Firnschnee zu thun hat, und oft mögen die Gletscherenden unter der alles bedeckenden Asche noch weiter herabreichen, als die Messungen angeben. Am klarsten liegen die Verhältnisse auf der Ost- und Südseite, da der herrschende Wind die Ausbruchsmaterialien gegen Westen und Nordwesten treibt.

Nach den (wenigen) Messungen von Reiss liegt die Schneegrenze an der Ostseite des Berges 100—200 *m* tiefer als an den übrigen Abhängen, offenbar infolge der aus der feuchtwarmen Tiefebene des Amazonenbeckens aufsteigenden Luftströmungen, deren Wasserdampf dort niedergeschlagen wird. Das Volum der Eis- und Schneekalotte des Cotopaxi kann man nach Reiss auf 0.5 bis höchstens 0.75 Kubikkilometer veranschlagen.

Die der geschichtlichen Zeit angehörigen Lavaströme reichen an den Abhängen des steilen Kegels herab bis zu 4365 und 4071 *m*, ja, nach Dr. Stübels Messung, im Minas-Volcan sogar bis 3762, weisen also zwischen ihrem Ursprungspunkte und ihrem Fussende Höhendifferenzen von 1534—2030 *m* auf, Differenzen, welche mehr als die anderthalbfache Höhe des Vesuvs erreichen, und dabei haben die Laven doch nur eine horizontale Entfernung von 6—8 *km* durchmessen. Alle die neuern Lavaströme nehmen, wie Dr. Stübel zuerst richtig erkannt hat, und wie dies durch die Ausbrüche von

1853 und 1877 bestätigt wird, ihren Ursprung vom Gipfelkrater aus, auch dann, wenn ihr oberes Ende, also ihr Anfang, 500 oder mehr Meter tiefer zu liegen scheint: Der oberste Teil der Ströme ist an dem steilen Abhange abgeflossen oder abgerutscht. Daraus kann man aber wohl nicht schliessen, dass seitliche Eruptionen überhaupt nicht vorgekommen seien oder nicht vorkommen können; denn fehlen auch seitliche Schlackenkegel am Cotopaxi, so lehren doch die Lavaausbrüche des Antisana zur Genüge, dass solche zähflüssige Laven an den Gehängen der Gebirge auftreten können, ohne dass Schlackenanhäufungen am Ausbruchspunkte aufgeworfen werden. Dann liegen aber auch 2 Beobachtungen über die Bildung seitlicher Boccen vor: Bouguer sagt ausdrücklich, dass 1742 »bei dem Ausbruche, der in unserer Gegenwart stattfand«, eine seitliche Ausbruchsöffnung etwa in halber Höhe des schneebedeckten Teiles des Berges sich geöffnet habe, während die Flammen noch immer dem Gipfelkrater entstiegen. La Condamine und Ulloa bestätigen diese Angabe, und Wagner hat ebenfalls die einer seitlichen Ausbruchsöffnung, etwa 500 *m* unter dem Gipfel, entsteigende Dampfsäule auf der von ihm veröffentlichten Abbildung des Cotopaxi angegeben.

Aus dem von Reiss gegebenen Verzeichnisse der Ausbrüche des Cotopaxi geht unzweifelhaft hervor, dass dieser Berg seit den vierziger Jahren des 18. Jahrhunderts in einer Phase erhöhter Thätigkeit sich befindet. »Es wechseln Zeiten grösserer Ruhe mit gewaltigen Ausbrüchen ab, ohne dass irgend eine Gesetzmässigkeit in den zwischen den grössern Ausbrüchen liegenden Intervallen zu erkennen wäre. So folgten auf die Eruptionen in den Jahren 1742—1744 die Ausbrüche der Jahre 1766—1768 nach einer Ruhepause von 24 Jahren, dann 35 Jahre später der Ausbruch vom Jahre 1803. 50 Jahre ruhte nun der Vulkan oder beschränkte seine Thätigkeit auf Aschenauswürfe, zwischen welchen 1853 ein Ausbruch von mittlerer Stärke stattfand, auf welchen dann 1877 eine der gewaltigsten Eruptionen folgte, welche die Geschichte des Cotopaxi zu verzeichnen hat. Seitdem verhält der Berg sich ruhig, und nur kleinere Eruptionen scheinen stattgefunden zu haben. Doch darf dabei nicht übersehen werden, dass es glückliche Zufälle sind, wenn wir überhaupt Nachrichten über Ausbrüche erhalten, welche keine Verwüstungen in den bewohnten Gegenden verursachen. Die grossen Cotopaxi-Ausbrüche erfolgten, nach einer Ruhezeit von mindestens 218 Jahren, in Intervallen von 24, 35, 50 und 24 Jahren.

Es ist nicht bekannt, ob zwischen dem Aschenregen im Jahre 1534 und den Ausbrüchen von 1742 kleinere Eruptionen stattgefunden haben, oder ob der Berg in vollkommener Ruhe verharrte; denn eigentlich beginnt für den Cotopaxi die historische Zeit erst mit der französischen Gradmessung.«

Die grossen Ausbrüche des Cotopaxi zeigen mehrere Eigentümlichkeiten, und Reiss giebt davon folgende allgemeine Schilderung:

›Gewöhnlich wird die Katastrophe durch gewaltige Dampf- und Aschenausbrüche eingeleitet, die oft mit heftigen Detonationen aus dem Krater sich entwickeln; dann fliesst die Lava entweder an einer oder zu gleicher Zeit an mehrern Stellen über den Rand des Kraters aus, stürzt mit Blitzesschnelle die steile Wand am obersten Teile des Berges hinab, staut sich beim Beginne des sanftern Gehänges an und bewegt sich auf den noch über 30° geneigten Abhängen rasch abwärts. Die Lavaströme bilden die Bausteine, aus welchen, im Vereine mit den zu Schichten vereinigten losen Auswurfsmassen, der ganze, gewaltige Cotopaxi-Kegel aufgebaut ist, das sind die Laven, welche wir als pseudo-parallele Lagen in den Wänden der Schluchten, der Huaicos oder Quebradas, aufgeschlossen gesehen haben, deren neueste Ströme sich als mächtige, aus der Schnee- und Eisdecke hervortretende Wülste an den Abhängen verfolgen lassen. An andern Vulkanen, am Vesuv, am Ätna, sind es die Lavaströme, welche, über das bebaute Land sich ergiessend, Städte und Dörfer begrabend, Schrecken und Verwüstung verbreiten. Hier am Cotopaxi erreichen die Laven kaum den Fuss des steilen Kegels, sie erstarren an den kahlen, öden Abhängen, ohne die bewohnten Teile des Landes zu erreichen; doch aber sind die Verwüstungen, welche sie verursachen, furchtbar, denn die glühendflüssigen Gesteinsmassen müssen sich einen Weg bahnen durch den Schnee- und Eismantel, welcher den obern Teil des Berges in einer vertikalen Höhe von ungefähr 1400 *m* umhüllt. Schnee und Eis müssen in Berührung mit der Lava schmelzen, Dampfmassen, gewaltige Wasserfluten werden erzeugt. Die an den steilen Gehängen herabstürzenden Wasser reissen alles mit sich fort, unterwühlen sowohl die mit Aschenschichten durchzogenen Eismassen, als auch die parallel dem Abhange lagernden alten Lavenströme und wälzen sich als alles vernichtende Schlammströme dem Fusse des Berges zu, Eisblöcke, Blöcke glühender Lava und grosse Gesteinsstücke mit sich führend. Die Schluchten in den untern Teilen des Berges können die Menge der mit ungeheurer Geschwindigkeit sich bewegenden Schlammströme nicht fassen, ihre Seitenwände werden überschritten, die Schlammmassen ergiessen sich in die benachbarten Schluchten und breiten sich in den flachern Landesteilen am Fusse des Berges aus. Rings um den Cotopaxi lassen sich die Schuttmassen beobachten, welche den Schlammströmen ihre Entstehung verdanken. Von jeder der neuen Laven geht eine solche Avenida aus; die ganzen interkollinen Räume zwischen Cotopaxi, Sincholagua und Rumiñahui sind damit erfüllt; die Weideländereien in Valle-viocoso sind durch sie zerstört; am ausgedehntesten aber finden sich die Ablagerungen westlich und südlich vom Berge in der Thalfläche des Rio Cutuchi, in der Umgebung von Mulalo und Latacunga. Die grossen, 3 *m* im Durchmesser haltenden, durch die Avenidas herabgeführten Blöcke in Valle-vicioso werden noch übertroffen von einem Blocke gleichen

Ursprunges an der Westseite des Berges, von welchem Dr. Stübel eine Abbildung, sowie die Masse veröffentlicht hat. Danach beträgt der Umfang des Blockes 45 *m*, seine Höhe 8,5 *m*. Wenn man bedenkt, dass solche Blöcke durch die Schlammströme fortbewegt wurden, kann man sich ungefähr einen Begriff von der Wucht und Gewalt machen, mit welcher die mit grossem und kleinem Gesteinsmateriale beladenen Gewässer an den Abhängen des Berges niedergehen.«

Über die Höhe der Aschen- und Dampfsäule bei Ausbrüchen liegen uns Schätzungen vor, unter denen die zuverlässigste wohl jene von Whymper ist (bis 12 000 *m* absolute Höhe beim Ausbruche am 3. Juli 1880). Was die Detonationen des Vulkanes anbelangt, so hält Reiss dafür, dass die grosse Mehrzahl der in Ecuador gehörten »Bramidos« Getöse sind, deren Schallwellen durch die Luft und nicht unterirdisch sich verbreiteten. Selbst bei den Erdbeben, welche man so gerne von unterirdischem rollenden Donner begleitet darstellt, hat er stets die Empfindung gehabt, dass es sich um Schallerzeugung handelt, hervorgerufen durch die durch das Erdbeben verursachte Bewegung der an der Erdoberfläche befindlichen Gegenstände. Die Erdoberfläche spielt eben hier die Rolle des letzten Billardballes in dem bekannten physikalischen Versuche: ihre letzten Teile, seien es Häuser, Steine, Felsen oder Bäume, werden gegeneinander bewegt; es sind unzählige kleine Geräusche, welche in ihrer Summierung donnerähnliches Rollen und Brausen erzeugen. Am stärksten empfand Reiss diesen Eindruck bei einem nächtlichen Erdbeben, inmitten des Urwaldes, an dem dem Stillen Ozeane zugewandten Gehänge der Westcordillere. Auch die Bramidos der Vulkane, sagt er, sind keine unterirdischen Geräusche. Wie bei dem Abschiessen eines Gewehres der Schall an der Mündung des Laufes, also an der Stelle erzeugt wird, an welcher die bis dahin zusammengepressten Gase sich plötzlich ausdehnen und mit gewaltsamem Stosse die umgebende Luft erschüttern, so erfolgen auch bei den Vulkanen die Detonationen an der Mündung des vulkanischen Schlotes, am obern Ende der Lavasäule, also am Ausbruchspunkte, in dem hier vorliegenden Falle im Gipfelkrater des Berges. Von dort aus werden sich die Schallwellen nach allen Richtungen hin ausbreiten, die Entfernungen, bis zu welchen sie gelangen, werden abhängen von dem Zustande der Atmosphäre, von den Widerständen, welche sie auf ihren Wegen antreffen. Unter normalen Verhältnissen dürfte der Schall den Weg vom Gipfel des Cotopaxi bis nach Guayaquil in etwa 10—12 Minuten zurücklegen, also eine so kurze Zeit gebrauchen, dass für ecuadorianische Verhältnisse die Detonation in Guayaquil in demselben Momente gehört wird, in welchem der Ausbruch stattfindet.

Erdbeben werden bei Gelegenheit von Cotopaxi-Ausbrüchen nur selten erwähnt, und zerstörende Wirkungen haben sie nie geübt.

Alles zusammenfassend, was wir bis jetzt über den Verlauf eines Cotopaxi-Ausbruches wissen, so wiederholt Reiss im allgemeinen das Bild, welches er bereits im Jahre 1874 [1]) entworfen hat:

»Nach einer Zeit der Ruhe wird die wiedererwachende vulkanische Thätigkeit durch das häufige Auftreten von Dampfsäulen sich bemerkbar machen. Aschenauswürfe verwandeln bald die weisse Dampfsäule in dunkle schwarze Wolken, die, hoch in die Atmosphäre sich erhebend, vom Winde weithin verführt werden. Die Lava steigt bald langsamer, bald rascher im Schlote auf, erfüllt den Krater und beleuchtet mit ihrem Widerscheine die über dem Krater schwebende Dampfsäule. An der Oberfläche der den Krater mehr und mehr erfüllenden Lava werden Schlacken sich bilden, die zusammen mit glühenden Lavafetzen als Auswürflinge und Bomben von den durchbrechenden Dämpfen ausgeschleudert werden. Unter heftigen Detonationen erfolgen die einzelnen Dampf- und Aschenausbrüche, bis endlich die Lava, an den niedersten Stellen des Kraterrandes überfliessend, sich als gewaltige Lavaströme am äussern Abhange herabstürzt oder, wie dies 1877 der Fall gewesen zu sein scheint, durch einen aussergewöhnlichen Dampfausbruch in grossen Massen auf einmal ausgeschleudert wird. In beiden Fällen kommt nun die glühende Gesteinsmasse mit dem Eis und Schnee, welche den obern Teil des Berges umgeben, in Berührung und giebt dadurch Veranlassung zu den gewaltigen Schlamm- und Wasserfluten, die vernichtend und zerstörend nach den bewohnten Teilen des Landes am Fusse des Vulkanes sich ergiessen. Gewöhnlich endet damit der ganze Ausbruch, und nur in seltenen Fällen dauert der Lavaerguss tage- oder wochenlang. Darin und in dem auf den Gipfelkrater beschränkten Austritte der Lava unterscheiden sich die Cotopaxi-Eruptionen von den so bekannten und vielfach beschriebenen Ausbrüchen des Vesuv und der Hawaii-Vulkane, in allen andern Einzelheiten ist der Mechanismus der Ausbrüche genau derselbe; denn die so gefürchteten Schlammströme sind kein vulkanisches Phänomen, sie sind einzig und allein bedingt durch die hohe Lage des Cotopaxi und finden sich an allen Vulkanen, deren Abhänge mit Eis und Schnee bedeckt sind, in Ecuador sowohl, wie auf Island und im Süden Chiles.

In Zeiten der Ruhe entsteigen den Spalten des Kraters schweflige Säure und Schwefelwasserstoff, bei erhöhter Thätigkeit werden salzsaure Dämpfe in grosser Menge zugleich mit gewaltigen Massen von Wasserdampf ausgestossen, ganz wie dies bei den europäischen Vulkanen der Fall ist. Kohlensäure wird in den Exhalationen des Cotopaxi sicherlich nicht fehlen, ist aber bis jetzt noch nicht direkt nachgewiesen worden.«

Die Verbreitung der hauptsächlichsten Eruptionszentren in Südamerika. Dr. A. Stübel giebt eine Karte und Er-

[1]) Reiss, Zeitschrift d. Dtsch. geol. Gesellsch. 1874. 26. p. 912—918.

läuterungen über diese Zentren und die sie kennzeichnenden Vulkanberge,[1]) die natürlich bei der gegenwärtig noch sehr mangelhaften Kenntnis der geologischen und topographischen Beschaffenheit Südamerikas nicht vollständig sein können. Die genauere Durchforschung dieser Vulkangebiete hat ergeben, dass die scheinbar der Cordillere parallele und lineare Anordnung ihrer einzelnen Vulkanberge verloren geht infolge der grossen Zahl wirklich vorhandener, auf Karten aber bis zum heutigen Tage nicht eingetragener Berge und eine ganz unregelmässige Verteilung der vulkanischen Schöpfungen auf scharf umgrenzten Eruptionsgebieten an ihre Stelle tritt, die Stübel als Vulkanbezirke bezeichnet, und von denen er vier grosse, durch breite, vulkanfreie Zwischenräume getrennte unterscheidet.

»Das erste dieser Gebiete — das colombianisch-ecuadorianische —, mit dem Páramo de Ruiz, in ungefähr 5° n. Br. wenig nördlich von Bogotá beginnend, erstreckt sich in west-nordwestlicher Richtung 900 *km* lang bis zum Gebirgsstocke des Azuay bei Cuenca (5° s. Br.). — Nun folgt auf eine fast doppelt so grosse Erstreckung hin — auf etwa 1600 *km* — ein von vulkanischen Schöpfungen gänzlich freier Zwischenraum.

Das zweite Vulkangebiet — das peruanisch-bolivianische — beginnt in der Gegend von Arequipa und Puno (ca. 16° s. Br.) und verläuft in südöstlicher Richtung, das nördliche Chile mit erfassend, etwa 1300 *km* lang bis zum Südende der Wüste Atacama in 26° s. Br. — Der nun folgende vulkanfreie Zwischenraum von ungefähr 800 *km* Länge endigt in der Gegend von Santiago unter dem 34. Breitengrade.

Es folgt das dritte, von N nach S gerichtete Vulkangebiet — das mittel-chilenische — in einer Längenausdehnung von 1100 *km*. Es scheint in der Breite des Südendes der Insel Chiloe ($43^1/_2$° s. Br.) abzuschliessen.

Das vierte Vulkangebiet — das patagonische — lässt sich eigentlich nur anhangsweise erwähnen, da wir über dessen Ausdehnung derzeit auch nicht annähernd unterrichtet sind. Zwischen dem 49.° und 55.° s. Br. wurden grosse Ablagerungen jung-vulkanischer Gesteine nachgewiesen, aber als »Vulkane« werden auch auf den neuesten Karten nur ein paar verzeichnet, der letzte an der Nordseite des Beagel-Kanales im südlichen Feuerlande. Für allgemeine Betrachtungen über die Verteilung der Vulkanberge Südamerikas kann daher dieses 4. Gebiet noch nicht herangezogen werden.

Es darf aber ferner nicht unbeachtet bleiben, dass auch innerhalb der genannten grossen Vulkangebiete die Gebilde der eruptiven Thätigkeit häufig nur vereinzelt liegen, durch weite Flächen und hochgebirgiges Terrain nicht-vulkanischer Entstehung voneinander getrennt werden. Dieses inselartige, in genetischer Hinsicht überaus

[1]) Petermanns Mittl. 1902. p. 1.

beachtenswerte Auftreten der vulkanischen Baue inmitten älterer und ältester Formationen war es, das die weitere Einteilung der Vulkangebiete in Vulkanbezirke vorschrieb.

Die Vulkanbezirke ihrerseits zerfallen in solche, in denen nur ein Ausbruchszentrum vorhanden ist, und in solche, in denen verschiedene, mehr oder weniger benachbarte Ausbruchszentren die Aufschichtung vulkanischer Berge bewirkt haben.« Stübel betont, dass aus dem Vorhandensein benachbarter Ausbruchszentren wir jedoch noch nicht berechtigt sind, darauf zu schliessen, dass jedes Ausbruchszentrum, das durch einen vulkanischen Bau als solches gekennzeichnet wird, auch einen eigenen Herd besitzt. In vielen Fällen dürfte dies allerdings der Fall sein, in andern lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass mehrere Ausbruchszentren einem gemeinschaftlichen Herde angehören.

Das colombianisch-ecuadorianische Vulkangebiet zerfällt nach Stübel in 2 Hälften, eine nordöstliche, colombianische, und eine südwestliche, ecuadorianische. In jener unterscheidet er folgende Vulkanbezirke:

1. Herveo-Tolima-Bezirk mit 4—5 Eruptionszentren (Herveo, Santa Isabel, Quindiu, Tolima u. s. w.)

2. Huila-Bezirk mit 1 Eruptionszentrum.

3. Puracé-Bezirk mit 4—5 Eruptionszentren (Puracé, Pan de Azúcar, Silvia- und Coquiyó-Gebirge, Sotará).

4. Tajumbina-Bezirk mit 4—6 Eruptionszentren (Tajumbina, Cerro de las Petacas, Páramo de las Animas, Juanoi u. s. w.)

5. Pasto-Bezirk mit 3 Eruptionszentren (Vulkan von Pasto, Bordoncillo, Páramo el Frailejon u. s. w.).

6. Azufral-Cumbal-Bezirk mit 6—8 Eruptionszentren (Azufral, Cumbal, Chiles, Cerro Negro, Cerros de Contrayerba, Páramo de Guan, Páramo del Anjel u. s. w.)

Für die ecuadorianische Hälfte des Gebietes scheint es topographisch nicht unbegründet, wenigstens drei Bezirke anzunehmen, einen nördlichen, einen mittlern und einen südlichen. Auf diese verteilen sich 30—40 Eruptionszentren in der Art, dass sich die über ihnen aufgeführten vulkanischen Baue gegenseitig begrenzen und nur an wenigen Stellen Teile des Grundgebirges als hohe Scheidewände zu Tage treten lassen. Quilotoa, Sangay und Azuay können aber als solche Berge gelten, bei denen es am deutlichsten hervortritt, dass sie sich über gesonderten Ausbruchszentren erheben.

In dem peruanisch-bolivianischen Gebiete sehen wir das Auftreten der Vulkanberge in einzelnen Bezirken, die von Gebietsteilen nichtvulkanischer Entstehung unterbrochen sind, ebenso scharf ausgeprägt, wie in dem colombianischen Gebiete, jedoch mit dem Unterschiede, dass sich die Bezirke hier, nicht wie es in Colombia der Fall war, nur in einer Längenrichtung aneinander reihen, sondern sich auch nach der Breite hin verteilen. Es giebt Vulkangruppen,

die senkrecht zu dem Verlaufe der Küstenlinie an 200 *km* auseinander liegen.

Im nördlichen Teile dieses Gebietes, soweit wir von demselben Kenntnis erlangt haben, unterscheiden sich 8 Vulkanbezirke:

1. Arequipa-Bezirk (Misti, Pichupichu, Charchani, Ubinas u. s. w.).
2. Coropuna-Bezirk (Coropuna, Solomani u. s. w.).
3. Puno-Bezirk (Cerro Lurine, ausgebreitetes vulkanisches Gebiet).
4. Yunguyo-Bezirk (Cerro Capira und andere kleine Berge).
5. Oruro-Bezirk (Cerro Sillota, Quimsachata u. s. w.).
6. Sajama-Bezirk (Sajama, Cerros Pachachata, Anallajache. Hinchuascota, Cerros de Cunturere, Antacollo u. s. w.).
7. Guallatiri-Bezirk (Berggruppe des Guallatiri).
8. Tacora-Bezirk (Chipicani, Quenuata, Cacarani, Guarguarini, Huarahuara [Pallagua?], Cerros de Ancara u. s. w.).

Der südliche Teil des Gebietes, an den sich die Wüste Atacama mit ihren zahlreichen Vulkanbergen anschliesst, dürfte sich in. nicht weniger Bezirke gliedern lassen, doch ist Stübel nicht in der Lage, dieselben auf Grund eigener Forschung feststellen zu können.

Während in den zuletzt erwähnten Gebieten die Vulkanberge bis weit in das Innere des Landes, bis auf eine Entfernung von über 300 *km* von der Küste auftreten, reihen sich in dem mittelchilenischen Gebiete die Berge kettenförmig auf eine Länge von etwa 1100 *km* aneinander. Aber auch hier dürfte sich nach Stübels genauerer vulkanologischer Durchforschung des Landes herausstellen, dass die Vulkanreihe durchaus nicht so einfach ist, wie sie sich jetzt auf einer Karte kleinen Massstabes zeigt, sondern sich in meridianal aufeinander folgende Gruppen auflösen lässt, ähnlich wie in Ecuador, Perú, Bolivien und dem nördlichen Chile.

Die einzelnen Vulkanbezirke, die sich nicht allein aus grossen, sondern oft auch aus sehr kleinen Bauen der vulkanischen Kräfte zusammensetzen, sprechen nach Stübel in Verbindung mit dem Umstande, dass ihre Entstehung nur einer ephemeren Thätigkeit zugeschrieben werden kann, ganz unverkennbar für lokalisierte und zugleich erschöpfliche Ursprungsorte der Gesteinsmassen, aus denen sie aufgeworfen worden sind.

Indem Dr. Stübel sich über und gegen die Hypothese ausspricht, dass die Vulkane auf langen, tief in das Erdinnere hinabreichenden Spalten aufsitzen, sagt er: »Rein topographisch gesprochen, bilden die südamerikanischen Vulkangebiete einzelne, kürzere und längere Stücke in dem Rande, der das grosse Becken des Stillen Ozeanes gegen SO begrenzt. Die Bildung dieses Beckens — der umfänglichste Schauplatz des irdischen Vulkanismus — reicht aber unzweifelhaft in eine Zeit zurück, in der atmosphärische Niederschläge noch nicht eintreten konnten, Meere noch nicht vorhanden waren. Und ebensowenig, wie wir die Ursache für die Lage der Hunderten von vulkanischen Bildungen zu ergründen vermögen, deren

höchste Teile als Inselgruppen über den Wasserspiegel des Stillen Ozeans emporragen, dürfen wir hoffen, die Anordnung der südamerikanischen Eruptionszentren mit erforschbaren Ursachen in Verbindung bringen zu können, Dass auch der Atlantische Ozean, gleich dem Stillen, in seiner ganzen Erstreckung von den nördlichsten Breiten bis zu den südlichsten, in einem Becken mit vulkanischem Untergrunde flutet, dafür geben zahlreiche Inseln sichern Beleg. Welcher Geolog aber möchte, voll eingedenk der ursprünglichen Glutflüssigkeit des Erdkörpers, wohl noch der Ansicht sein, dass das Meer die Lage der Vulkane bestimme, und nicht vielmehr die Überzeugung hegen, dass die vulkanischen Kräfte durch ihre gewaltigen Schöpfungen in unermesslicher Vorzeit auch den Meeresbecken ihre Grenzen gezogen hatten, noch lange bevor das Wasser vorhanden war, das diese Becken füllen konnte!«

Ein porphyrischer Stratovulkan in Südwestafrika ist von Dr. Schenck nachgewiesen worden.[1] Sein Name wird geschrieben Geitse!gubib. Dieser isolierte Berg erhebt sich aus der Ebene des Fischflussthales, welches tektonisch einem Graben entspricht, etwa 15 *km* nördlich von der Missionsstation Bersaba zu einer Höhe von etwa 1740 *m* oder 680 *m* über jener Ebene. Er wurde vom Verf. am 7. Februar 1885 bestiegen und in frühern Veröffentlichungen als Porphyrstock bezeichnet. Die mikroskopische Untersuchung der mitgebrachten Gesteine ergab indessen, dass diese sich nicht als massige Porphyre, sondern als klastische Gesteine vom Charakter der Porphyrtuffe erweisen. In einer Grundmasse, die hauptsächlich aus einem kieseligen Cemente zu bestehen scheint, sind enthalten staubartige Partien, unter denen besonders Eisenoxyd durch seine rötliche Färbung hervortritt, ferner Bruchstücke von Orthoklas, Plagioklas, Quarz, Magnetit u. s. w. In den dichten, sehr harten und muschelig brechenden Gesteinen, welche eine Schichtung erkennen lassen, treten die letztern zurück, und die Grundmasse mit ihren staubartigen Ausscheidungen überwiegt, in den grobkörnigern Gesteinen von arkoseartigem Typus dagegen sind sie zahlreicher vorhanden. Manche Tuffe enthalten auch Bruchstücke anderer Gesteine, darunter von Granit, der in den benachbarten Tafelbergen des Amiplateaus nicht vorkommt und daher wohl aus der Tiefe hervorgebracht wurde. Berücksichtigt man nun ausser der Gesteinsbeschaffenheit auch die Form des Berges, der sich im Gegensatze zu den ihn umgebenden, aus Schichten der Kapformation aufgebauten Tafellandmassen als kegelförmiger Einzelberg aus der Ebene des Fischflussthales erhebt und in seinem Innern eine kesselförmige Einsenkung besitzt, gegen welche der äussere Wall in steilen Wänden abfällt, und die in einem tief einschneidenden Erosionsthale einen Ausgang nach aussen (und zwar nach Süden) besitzt, so gelangt

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geol. Gesellsch. 1902. 53. p. 54.

man zu der Überzeugung, dass der Geitse!gubib einen porphyrischen Stratovulkan mit noch wohl erhaltenem Krater darstellt, der seine Form bewahren konnte, weil seit seiner Entstehung die Oberfläche des Landes grössere Veränderungen nicht mehr erfuhr, und weil die durch kieseliges Cement in harte Gesteine umgewandelten Tuffe der Denudation kräftig zu widerstehen vermochten. Es dürfte daher der Geitse!gubib der älteste noch wohl erhaltene Stratovulkan sein, dessen Alter sich zwar nicht genau feststellen lässt (nur so viel lässt sich sagen, dass er postcarbonisch ist), dem aber, wie aus der Gesteinsbeschaffenheit sich schliessen lässt, ein höheres Alter zuzuschreiben sein wird, als den bekannten tertiären und quartären Vulkanen.

Ausbruch des Vulkanes Keloet auf Java. Dieser 1731 *m* hohe Vulkan liegt im östlichen Teile von Java und gehört zu den Vulkanen von reger Thätigkeit, denn während des 19. Jahrhunderts hatte er 6 Ausbrüche. Am 23. Mai 1901 fand wiederum eine Eruption desselben statt, wobei auf dem SO-Abhange ein Lavaerguss stattfand, während bei den frühern Ergüssen lauwarmes, mit Sand und Stein vermengtes Wasser von der Flanke des Berges herabkam. Derselbe begann in der Nacht vom 22. zum 23. Mai 1901 gegen 3 Uhr früh mit einem gewaltigen Regen glühender Steine, während dunkle Aschenwolken in westnordwestlicher Richtung zogen. Lava wurde nicht zu Tage gefördert. Das gesamte ausgeworfene Gestein und Aschenmaterial berechnet L. Houwink auf 200 Millionen Kubikmeter, wovon 120 Millionen auf eine quadratische Fläche von 75 *km* um den Vulkan herum niederfielen. Aus dem Herabkommen der vulkanischen Asche zu Samarang, Pekalongun und anderer Punkte berechnet sich die Geschwindigkeit mit der die Aschenwolken westwärts zogen auf 30 bis 40 *km* pro Stunde; beim Krakatauausbruche betrug sie nach Archibald Douglas im Mittel 55 *km*, wahrscheinlich weil bei diesem die Aschenteile in höhere Regionen der Atmosphäre geschleudert worden waren.[1]) G. Du Bois hat den Keloet kurz nach der Eruption besucht und macht darüber Mitteilungen.[2]) Der Keloet besass bisher im tiefsten Kegel einen ca. 1 *km* breiten, nahezu runden See. Aus seinem dunklen Wasser stiegen von Zeit zu Zeit kleine Rauchwolken auf, das Wasser war jedoch nicht warm, etwa 30° C. Nach diesem letzten Ausbruche ist das Niveau des Sees um ungefähr 50 *m* gesunken; auch im Durchmesser ist der See zurückgegangen, er dürfte jetzt etwa 350 *m* betragen. Das Wasser sieht dunkelbraun, ja in der Nähe der eingestürzten westlichen Kegelwand sogar schwarz aus.

Den Vorgang dieser Eruption könne man sich etwa folgendermassen vorstellen: Durch Erweiterung von Spalten und Rissen infolge der fortwährenden Gasexhalationen und Ergüsse von kochendem

---

[1]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned. Indië 1902. Deel XVII afl. 2 S. 171.
[2]) Petermanns Mittl. 1902. p. 44.

Wasser wurde eine Verbindung zwischen dem glutflüssigen Innern des Berges und dem grossen Wasserreservoir auf demselben bewerkstelligt. Diese nach dem heissflüssigen Magma führenden Spalten und Risse dürften sich im Laufe der Jahre so sehr erweitert und eine so grosse Wasserzufuhr gestattet haben, dass die Spannung des sonst ruhig verlaufenden Verdampfungsprozesses überschritten wurde, und ein explosionsartiger Ausbruch stattfand. Der Einsturz der einen westlichen Kegelwand in den See und der vermutlich plötzliche Einbruch grosser Wasserquantitäten in den Krater dürften vielleicht der letzte direkte Anstoss zu dieser Explosion gewesen sein. Nach Ansicht von Du Bois hat, abgesehen von dem unbedeutenden Lavaausbruche, ein Aufwerfen von warmem Wasser und von Schlammanhäufungen im See stattgefunden.

Über den Sitz der vulkanischen Kraft verbreitet sich G. de Lorenzo.[1] Er verlegt diesen in oberflächliche Schichten der Erdrinde und versucht, die Tiefe dieses Grundes zu berechnen. Er unterscheidet dabei 3 Haupttypen von Vulkanen: Explosionskrater (Maare), Tuffvulkane (Puy-Typus) und Lavavulkane (Massenergüsse). Die Mehrzahl der Vulkane stellt jedoch nicht einen dieser Typen rein dar, sondern ist, wie etwa der Vesuv, aus Tuffen (Schlacken) und Lava aufgebaut, entsprechend einer Mischung des 2. und 3. Typus. Die Berechnung der Tiefenlage des Herdes gestaltet sich nun für die verschiedenen Typen verschieden, führt aber zu wesentlich übereinstimmenden Ergebnissen.

Am einfachsten und direktesten ist das Verfahren bei den reinen Explosionskratern, die lediglich von einem Kranze der aus dem Eruptionskanale ausgeschleuderten Gesteinsfragmente umgeben sind. Das Volum dieses ausgeworfenen Materiales muss den Dimensionen des Schlotes entsprechen, und da dessen Durchmesser bekannt ist, kann darnach seine Tiefe berechnet werden. In Wirklichkeit bestehen die Auswurfsmassen allerdings wohl niemals ausschliesslich aus dem früher den Eruptionskanal erfüllenden Materiale, sondern es sind diesem in grösserer oder geringerer Menge Teile des Magmas beigemengt. Es wird demnach die in der angedeuteten Weise berechnete Tiefe stets grösser sein als die wirkliche: der berechnete Wert stellt ein Maximum dar. Der Umstand, dass bei dieser Methode das in den Schlund zurückgefallene Material nicht in Anrechnung kommt, soll nach dem Verfasser nur den durch die Einberechnung des ausgeworfenen Magmas sich ergebenden Überschuss kompensieren; das kann natürlich in einzelnen Fällen zutreffen, in andern wird bald der eine, bald der andere Fehler überwiegen, so dass die Tiefe bald zu gross, bald zu gering gefunden wird.

---

[1]) Atti delle Sc. fis. et mat. di Napoli (2) 11. auszüglich mit Kritik in Petermanns Mitteilungen 1902. Litteraturbericht No. 572, von A. Dannenberg, wonach oben der Text.

Inseln.

Die Insel Veglia. Auf Grund seiner (geologischen) Untersuchungen veröffentlicht Dr. L. Waagen mehrere Mitteilungen über diese Insel.[1] Durch die ganze Insel zieht sich von Nordwest nach Südost ein Eocängebiet, welches dieselbe in zwei ungleiche Teile nicht nur dem Raume, sondern auch der topographischen Beschaffenheit nach teilt. Im Osten breitet sich eine typische Karstlandschaft aus; soweit man blickt, nichts als der kahle Fels, kein Baum, kein Strauch, nur in den grössern Dolinen versteckt, gleichsam verschämt, etwas Feldkultur. Dagegen im Westen in der Niederung Weingärten und Maisfelder, dazwischen Feigen- und Olivenbäume und auch auf dem Kreiderücken ein spärlicher Buchenwald, untermischt mit magern Wiesen. Der eben genannte Eocänzug birgt an seinen beiden Enden zwei der besten Hafenplätze der Insel, jenen von Castelmuschio und den südlichen von Besca nuova.

Das Thalgebiet von Castelmuschio wird nach den orographischen Verhältnissen wieder in 4 Teile geteilt; den ersten Abschnitt bildet das Vallone di Castelmuschio, bis zu der Anhöhe, auf welcher der Ort liegt, und dem Hügel Forticin, südlich schliesst sich daran das »Thal von Noghera«, welches bei Regenzeit gegen West in das Querthal Valle Noghera von einem Bächlein entwässert wird. Die 3. und 4. Einsenkung sind eigentlich typische Poljen; die westliche, der Jezero, eine Seepolje, und die östlich davon gelegene wenigstens zum Teil eine periodisch inundierte Polje.

Das Vallone di Castelmuschio ist ganz vom Meere erfüllt, es ist ein Längsthal und wird im Südwesten von der zungenförmigen Halbinsel Ert begrenzt, die sehr steil und ziemlich geradlinig unter das Wasser taucht. Die nordöstliche Begrenzung steigt zu viel grössern Höhen an, doch verläuft hier die Uferlinie nicht so geradlinig, sondern bildet, buchtartig zurücktretend, den Porto Lucica, wahrscheinlich durch Auswaschung der weichen eocänen Mergelgesteine. Das Vallone lässt an seinem Abschlusse eine kleine Aufwölbung hervortreten, den Hügel Forticin, dessen Höhe einst von einem römischen Tempel gekrönt worden sein soll, und der die Abgrenzung gegen das Thal von Noghera bildet. Dieses wird infolge der allgemeinen Abdachung der Insel nicht nach Nordwest, sondern nach West in der Regenzeit von einem Bächlein entwässert, das, die eocäne Einsenkung durchquerend, auch die angrenzende Kreide durchbricht und in der Ebene Dobrovica alles Anstehende mit Alluvien bedeckt. Die beiden südlich anschliessenden Einsenkungen sind echte Poljen. Die Seepolje »Jezero« ist eine Isoklinalpolje an der Grenze zwischen Eocän und Kreide. Die Wassermenge stammt aus dem Zusammenflusse einiger Quellen und weniger Regenbäche. Ein

[1] Verhdlg. der k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1902. p. 68.

oberirdischer Abfluss ist nicht vorhanden, und nach Lorenz[1]) werde die Schwankung des Spiegels nur durch Verdampfung herbeigeführt. Die Bevölkerung allerdings glaubt an einen unterirdischen Abfluss, den sie bald mit den Quellen von Malinska, bald mit jenen von Dobrigno in Verbindung bringt. Die östliche Polje wird durch einen Rücken fast vollständig geteilt. Sie gehört zu den typischen Mulden- oder Grabenpoljen. Der Boden, der sich bald nach dieser, bald nach jener Richtung etwas senkt, ist von Rasen überzogen, während die Randpartien von Maisfeldern eingenommen werden. In dem Teile südlich von dem erwähnten Höhenrücken sammelt sich in der Regenzeit das Wasser zu einem kleinen See, der erst im Sommer wieder verschwindet.

Im Osten, wo der Anprall der Bora am stärksten ist, zieht sich fortgesetzt eine vollkommen kahle Steinwüste der Küste entlang, und nur zwischen Porto Sulinj und der Gegend von Verbenico findet sich vereinzelt kümmerlicher Eichenwald und spärlicher Feldbau auch etwas näher dem östlichen Küstensaume.

Eine Viertelstunde nördlich von Rudin befindet sich eine Höhle, die beim Volke die Bezeichnung »Slivainska jama« führt. Ein Schacht von etwa 3 *m* Tiefe, der dem Fusse nur wenige Tritte bietet, bildet den Zugang. Durch ein niedriges Felsthor beginnt man sodann die unterirdische Wanderung, und mittels eines engen Schlufes, der auf allen Vieren passiert werden muss, gelangt man in einen herrlichen Saal. Von der Decke hängt ein reicher Spitzenvorhang von Tropfsteingebilden, und Säulen von 1 *m* Mächtigkeit und mehr tragen das Gewölbe dieses ansehnlichen Raumes, der 10 *m* im Durchmesser besitzen mag. Bedeutender jedoch ist noch die Höhe dieser Grotte. Sehr steil senkt sich der Boden gegen die Mitte hinab, welche von einem Bachbette eingenommen wird, und nur mit grösster Vorsicht ist die Fortbewegung möglich, da ein zäher roter Lehm den Tritt noch unsicherer macht. Zweimal muss im Sprunge der Wasserriss passiert werden, dann erreicht man eine Galerie, die nach NW gerichtet längs der Schlucht sich hinzieht. Entlang der Felswand bewegt man sich dort fort, während auf der Seite des Abgrundes zarte Pfeiler, oft mehrere Meter hoch, den Pfad begrenzen, welche das Licht der Laternen durchscheinen lassen und den Zauber der unterirdischen Architektur noch erhöhen. Es folgen dann in nordwestlicher Richtung noch Grotten und Galerien, so dass der zugängliche Teil des unterirdischen Höhlenzuges eine Länge von etwa 800 *m* besitzen mag. Am Ende trifft man in der gleichen Richtung auf eine etwa $^{3}/_{4}$ *m* im Durchmesser haltende Öffnung, und die hineingehaltene Laterne lässt eine fernere Grotte ahnen. Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Richtung des Höhlenzuges an der Oberfläche durch eine Anzahl kleiner Dolinen markiert erscheint.

[1]) Dr. J. R. Lorenz: Die Quellen des liburn. Karstes und der vorliegenden Inseln. Mitteil. der k. k. geogr. Ges. Wien 1859. 8. p 107.

Die Wasserverhältnisse Veglias sind, wie in einer Karstgegend begreiflich, örtlich sehr verschieden und vielfach ungünstig. Regenwasser wird häufig in Cisternen aufgefangen. In Dobrigno ist kein Wasser zu finden, doch sprudelt 1 *km* südlich davon in 200 *m* Höhe eine starke Quelle, die durch Wasserleitung demnächst nach dem Orte geführt werden soll. Verbenico hat am Hafen zwei gute Quellen, die vom Meere gar nicht beeinflusst werden, doch liegt der Ort 50 *m* höher. Die Inner- und Plateaugebiete von Veglia sind stets wasserlos, ja selbst Cisternen sind nur äusserst selten anzutreffen. So ist denn auch der ganze Westen der Insel vollkommen quellenlos. Erst bei Veglia ist am Hafen ein Süsswasserbrunnen, der jedoch zur Zeit der Flut brackisches Wasser giebt und daher ungesund ist. Eine zweite, sehr starke Quelle ergiesst sich unter der Südwestecke des bischöflichen Palais ins Meer, und diese könnte eventuell zu einer Wasserversorgung der Stadt herangezogen werden. Weitere kleine Quellen finden sich am Ostufer der Bucht von Ponte, wie auch bei Ponte selbst, jedoch sind diese alle von mehr untergeordneter Bedeutung. Überaus wasserreich ist das Thal der Fiumera. Hier entströmen links und rechts die Wässer den Thalgehängen und eilen in kleinen Kaskaden dem Bache zu, der bald kräftig genug ist, um Mühlen zu treiben; ein eigentümlicher Anblick in dieser wasserarmen Gegend. Das Plateau im Osten weist wieder gar keine Quellen auf, und erst nahe dem Kanale della Morlacca, bei Vinca, an der Grenze von oberer und mittlerer Kreide, findet sich wieder eine Quelle.

Die Insel Syra (Syros). Auf Grund der neuesten Ermittelungen bringen die Annalen der Hydrographie[1]) Mitteilungen über die geographischen und nautischen Verhältnisse dieser Insel. Sie ist die wichtigste Insel der Kykladengruppe im Ägäischen Meere. Infolge ihrer zentralen Lage wird sie von Schiffen aller Flaggen sehr häufig angelaufen. Die grösste Länge der Insel zwischen den Huken Strimessos im Norden und Vinglostasi im Südwesten beträgt $9^1/_4$ Seemeilen, die grösste Breite im südlichen Teile $5^1/_2$ Seemeilen, im nördlichen Teile $2^1/_2$ Seemeilen. Die Küsten der Insel sind stark gezackt, wodurch viele kleinere und die beiden grössten Buchten Hermupolis und Phönix (Palmenbucht, in der englischen Karte Krasibucht genannt) gebildet werden, die jedoch gegen Wind und Seegang ungeschützt sind. Die Küste ist meist steil und mit wenigen Ausnahmen rein von Untiefen. Das Land ist hügelig. Die höchsten Punkte sind der Nites-Berg an der Südküste und der 432 *m* hohe Pyrgos-Berg nordwestlich von der Stadt Syra. Die Insel ist wohl bebaut und bringt Gerste, Baumwolle, Südfrüchte, Weizen, Wein, Reis und dergl. hervor. Grosse Mengen Gemüse werden frühzeitig nach Athen und Konstantinopel verschifft. Nach der Zählung von 1896 betrug die Anzahl der Bewohner der Insel 27 774.

---

[1]) Ann. d. Hydrogr. 1902. 1. p. 1.

Der Hauptort Hermopolis hat etwa 22000 Einwohner, grösstenteils Kaufleute. Schöne Häuser aus weissem Marmor und Landungsanlagen mit zahlreichen Lagerhäusern geben Zeugnis von dem herrschenden Wohlstande. Inmitten der Stadt, auf einem freien Platze, liegen das Rathaus und mehrere andere öffentliche Bauten. Die Strassen der Stadt sind eng und gewunden, jedoch gut gepflastert, erleuchtet und reingehalten. Das Klima ist auffällig gesund, Frost giebt es nicht, Schnee fällt äusserst selten und schmilzt dann sofort wieder. Ausser im Winter regnet es nur selten; man fängt daher, da die Quellen nicht genug Wasser liefern, das Trinkwasser in Cisternen. Die alte griechische Stadt Syra stand an der Stelle des heutigen Hermopolis. Im Mittelalter zogen sich die Bewohner der Stadt weiter ins Innere der Insel zurück, um den Angriffen der Seeräuber zu entgehen, und gründeten auf einem auffälligen kegelförmigen Hügel eine neue Stadt, die heute Ober-Syra genannt wird. Während der Revolution fanden hier viele Flüchtlinge ein Asyl und gründeten die Stadt Hermopolis. In neuerer Zeit hat sich die Stadt auch noch über einen zweiten Hügel ausgedehnt.

Die Insel Portorico. Über dieselbe verbreitet sich Korv.-Kapitän Jachmann.[1]) Die Insel gehört zu den tropischen westindischen Inseln. Sie liegt zwischen 17° 50′ und 18° 30′ nördlicher Breite und 65° 30′ und 67° 15′ w. L. v. G.; sie wurde am 16. November 1493 von Columbus auf seiner zweiten Reise nach der westlichen Hemisphäre entdeckt und von ihm San Juan Baptista genannt, die Eingeborenen nannten sie Borinquen. Die Insel hat eine rechteckige Gestalt und einen Flächeninhalt von 3600 Quadratmeilen. Eine unregelmässige Kette von niedrigen Bergen und Hügeln durchzieht sie von Ost nach West etwas südlich in ihrer Mitte, dehnt sich nordöstlich über den östlichen Teil aus und endet nahe der nordöstlichen Ecke in der Spitze von El Yunque (Avoil), welche die Insel in einer Höhe von 1100 *m* überragt. Im allgemeinen sind diese Berge 600—900 *m* hoch. Diese Bergkette bildet die Wasserscheide von Portorico und ist in den verschiedenen Teilen der Insel unter verschiedenen Namen bekannt: Cordillera central, Sierra de Cayey und im Nordosten der Insel Sierra de Luquilla. Nördlich und südlich von dieser Gebirgskette fällt das Land wellenförmig ab, von tiefen Schluchten und Gebirgsbächen durchbrochen, von denen einige nach den schweren tropischen Regengüssen zu unpassierbaren Strömen anschwellen. Die grössten Flüsse sind der Rios Loiza, Bayamon, Morovis, Arecibo und Blanco, von denen einige mit kleinen Booten auf eine kurze Strecke von der Mündung schiffbar sind. Das Innere der Insel wird im allgemeinen von steilen Hügeln ausgefüllt, welche sich nach der Küste hin abflachen. Die Küste selbst ist niedrig und hat wenige gute Häfen, der beste ist der von

[1]) Deutsche geogr. Blätter 1902. Heft 1. Nach Monthly Weather Review 1901. August.

San Juan. Östlich von Portorico liegen die kleinen Inseln Vieques und Culebra, westlich in der Monastrasse die Insel Mona mit einigen andern kleinen Inseln, welche alle derselben Regierung unterstehen.

Das Klima ist nicht so drückend, wie man es in den Tropen erwarten sollte. Eine kühle, sehr angenehme und höchst gesunde Brise weht gewöhnlich über die Insel, besonders am Nachmittage und in der Nacht, welche sehr viel zu dem Wohlbehagen der Einwohner beiträgt. Wolkiger Himmel mit gelegentlichem Nebel in den Bergen ist vorherrschend. San Juan hat eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 25.8° C. Die wärmsten Monate sind der Juni bis Oktober; während dieser Zeit schwankt die normale Temperatur zwischen 26.9 und 27.4° C. mit der höchsten Temperatur im August; in den Bergen ist ein etwas kühleres Wetter vorherrschend. Die kühlsten Monate sind der Dezember, Januar und Februar, während derselben beträgt die normale Temperatur zwischen 24 und 24.7°, die niedrigste ist im Februar. Wenn die tägliche Temperatur zwischen 12.7 und 18.3° C. beträgt, wird das Wetter als kalt bezeichnet, und solche Temperaturen sind den Eingeborenen sehr unangenehm. In den Gebirgsgegenden der Insel sind Temperaturen von 10° C. und etwas darunter beobachtet worden, auch wird berichtet, dass auf einigen der höchsten Punkte leichter Frost bemerkt worden ist, die meteorologischen Aufzeichnungen jedoch geben keine Angaben darüber. Die höchste Temperatur in San Juan während der letzten 2 Jahre seit der Besitzergreifung der Insel durch die Vereinigten Staaten war 34° C. am 2. Mai 1901 und 33.9° C. am 25. April 1900; die niedrigste war 18.3° C. am 26. Dezember 1899. Die Temperaturen in San Juan, der einzigen Station mit fortlaufenden, selbstregistrierenden Temperaturmessungen, liegen im allgemeinen zwischen 18.3° und 31.7° C. während des Januar, Februar, März, November und Dezember und von 18.9—33.9° C. während der übrigen Monate des Jahres.

Januar, Februar und März sind die trockensten Monate, und während dieser Zeit ist die monatliche Niederschlagsmenge geringer als 76 *mm*. Der grösste monatliche Niederschlag tritt im Oktober und November ein, aber die sogenannte nasse Jahreszeit beginnt gewöhnlich im April und dauert bis zum Dezember. In einigen Jahren sind Dürren vorgekommen, welche der Vegetation sehr schädlich waren. Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge in San Juan beträgt 1384 *mm*, während sie auf »Hacienda Perla«, einer Station im nordöstlichen Teile der Insel auf dem El Yunque, die Höhe von 2402 *mm* erreicht. Die grösste jährliche Niederschlagshöhe in San Juan während einer Beobachtungsperiode von 25 Jahren war 2100 *mm* im Jahre 1878 und die niedrigste 930 *mm* im Jahre 1893. Die grösste *monatliche* Niederschlagshöhe hatte der Dezember 1893 mit 449 *mm* und die niedrigste (6,1 *mm*) der Februar 1896.

Die Waldgebiete der Insel sind klein und fast gänzlich auf die höchsten Berge beschränkt mit wenigen zerstreuten Überresten

aus den Urwäldern. Bauholz ist sehr spärlich vorhanden, das zum Häuserbaue notwendige wird grösstenteils eingeführt. Mehr als der fünfte Teil der Insel ist bebaut, und die Ernten sind sehr einträglich, wenn man in Betracht zieht, wie die Felder bestellt werden. Die Berge werden bis zum Gipfel bebaut. Auf der Insel wächst viel Kaffee, und die Pflanzer suchen die Kaffeebäume durch Schutzschirme vor schädlichen klimatischen Einwirkungen zu bewahren. Der ausgewählte und berühmte Kaffee wird in Landstrichen gebaut, welche zwischen 200 und 800 *m* über dem Meeresspiegel liegen. Der Kaffeebau nimmt ungefähr 41 Prozent des gesamten bebauten Flächenareals in Anspruch, Zuckerrohr 15, Bananen 14 Prozent, und der Rest wird von fast allen tropischen Früchten und Pflanzen, darunter Tamarinde und Baumwolle, ausgefüllt, unter denen sich auch einige subtropische wie die Melone, Kastanie, Feige, Weintraube, Tomate und Orange befinden, aber auch mehrere unserer heimischen Früchte, wie Bohnen, Kohl, Rüben, Sellerie, Radieschen, Karotten, Wasserkresse, Pflaume, Johannisbeeren, Kirschen und Erdbeeren. Die Baumwollenpflanze wächst zu einem Baume von beträchtlicher Grösse, von der Faser wird jedoch nur wenig Gebrauch gemacht. Auch Kakao, Indigo und viele Pflanzen, die zum ärztlichen Gebrauche dienen, gedeihen auf Portorico, letztere finden jedoch keine ausgedehnte Verwendung.

Eine Erforschung der Malediven-Inseln hat Prof. A. Agassiz ausgeführt. Einige vorläufige Ergebnisse derselben sind bis jetzt bekannt geworden.[1]) Die Hauptatolle sind durch verhältnismässig seichtes Wasser in dem Zentralteile der Gruppe voneinander getrennt, während nach Süden zwischen Hadumati, Suadiva und Addu die Tiefen viel grösser sind, nahezu 1000 Faden. Ein Lot wurde westlich vom Ari-Atoll bis zu 1500 Faden herabgelassen, und eine südlich von South Male bis 1200 Faden; hieraus folgt, dass das Plateau der Malediven an der Westseite viel steiler ist als an der Ostseite. Sondierungen wurden auch zwischen den nördlichen Malediven und Colombo vorgenommen und zeigen, dass die Malediven von dem Indischen Kontinente durch eine tiefe Rinne des Ozeans von mehr als 1500 Faden Tiefe getrennt sind. Die Atolle der Malediven sollen nach Agassiz die einfachsten und primitivsten Bedingungen für die Bildung der Atolle zeigen, die man überhaupt finde, ausser in einigen Teilen des Yucatan-Plateaus in Westindien. Atolle können in allen Wachstumsstadien angetroffen werden, von einer blossen Bank, die sich wenige Fuss über das Plateau erhebt, bis zu Bänken, die bis 5 und 6 Faden unter die Oberfläche reichen, oder Bänken, die soeben die Oberfläche erreicht haben, und auf denen Sandbänke und Inselchen sich zu bilden anfangen. Prof. Agassiz schreibt den Erfolg seiner Expedition dem Umstande zu, dass die vor mehr als 70 Jahren veröffentlichten Karten heute noch so genau sind, als sie damals waren.

---

[1]) Nature 1902. 65. p. 398.

Die Insel Sumatra. Auf Grund eigener Reisen verbreitete sich Dr. B. Hagen in der geographischen Gesellschaft zu Hamburg über Sumatra, besonders die nördlichen Batak-Länder.[1]) Sie ist mit 14 000 *qkm* Areal die viertgrösste Insel der Erde. Geologisch besteht sie aus zwei gänzlich verschiedenen Längshälften, die sowohl in ihrem Aufbaue wie in ihrer Pflanzen- und Tierwelt voneinander abweichen. Während die Osthälfte eine grosse, weit ausgedehnte, flache und sumpfige Alluvialebene darstellt, welche sich nur wenig über das Niveau des Meeresspiegels erhebt und mit dem dichten, üppigen Universalkleide der tropischen Monsunflora bedeckt ist, zwischen der eine Tierwelt haust, welche an Reichhaltigkeit der Arten kaum von irgend einem Teile der Erde übertroffen wird (die Insel Sumatra besitzt die meisten und grössten wilden Tiere), tritt uns in der Westhälfte der Insel ein hohes, wildromantisches Bergland mit Hochgebirgszügen und Gipfeln bis zu 3800 *m* entgegen, die grosse, weitausgedehnte Hochebenen und Hochthäler umfassen, mit einer ganz andern Vegetation und einer gegenüber der Tiefebene bedeutend veränderten Tierwelt. Die Ursache dieser Verschiedenheit ist, dass die Westküste Sumatras fast schutzlos dem Wogenpralle des Indischen Ozeans ausgesetzt ist, welcher sich bis dicht an den Fuss des Zentralgebirges herangenagt hat. Die Osthälfte dagegen ist der stillen, ruhigen, seichten Strasse von Malakka zugekehrt, und so war es möglich, dass sich hier die grossen, ausgedehnten Alluvialebenen bilden konnten, welche in den letzten 30 Jahren einen Weltruf als Produktionsland des berühmten Sumatra-Tabaks erlangt haben. Hier auf der Ostseite konnten sich denn auch die grossen Stromsysteme entwickeln, welche der Westküste vollständig abgehen, und welche wieder das ihrige dazu beitragen, diese Anschwemmungsebenen zu vergrössern und zu verbreitern. Wie schnell dies vor sich geht, mag man daraus entnehmen, dass die Stadt Palembang, welche nachweislich vor etwa 400 Jahren dicht am Ufer des Meeres gegründet wurde, heute 80 *km* landeinwärts liegt. Man sollte meinen, dass bei solchen Verhältnissen die Strasse von Malakka immer mehr sich verschmälern und verseichten würde, so dass in absehbarer Zeit Sumatra und die Halbinsel Malakka ein zusammenhängendes Ganzes bilden; aber es existieren wieder andere Faktoren (z. B. gewisse Strömungen), welche einen derartigen gänzlichen Zusammenschluss verhindern.

Wenn man die Karte betrachtet, erscheint nichts natürlicher, als dass Sumatra und Malakka früher einmal wirklich ein solches zusammenhängendes Ganzes gebildet haben; und doch ist dieser Schluss falsch. Natürlich stehen beide auf ein und demselben Granit- und Schiefersockel und haben in den allerfrühesten Perioden unserer Erdgeschichte auch wirklich einen zusammenhängenden Bestandteil des alten südhemisphärischen Godwana-Landes bis in die mesolithische

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1902. p. 460.

Zeit hinein gebildet; aber seit dem Beginne der Tertiärperiode ist die geologische Geschichte eine ganze andere als diejenige von Malakka.

Während die Entwickelung von Malakka bis heute ziemlich ruhig und ungestört verlief, wurde Sumatra der Schauplatz grossartiger vulkanischer Veränderungen. Es brach im Eocän die ungeheuere Erdspalte auf, welche von Sumatra an den ganzen Malayischen Archipel umschlang und sich einesteils über die Philippinen bis hinauf nach Japan und andernteils über Neu-Guinea bis tief in die Südsee hinein fortsetzte. Diese Spalte durchzog die Westhälfte Sumatras in ihrer ganzen Länge, und aus ihr quollen grosse Massen trachytischer Gesteine empor, welche das Urgestein, Granit und ältere Schiefer teils überdeckten, teils hoch emporpressten, hohe Eruptionskegel darauf aufschütteten und so das Rückgrat Sumatras bildeten, das Barisangebirge. Nun folgte eine Zeit der Ruhe, bis zu Anfang unserer jetzigen Erdperiode (der quartären) neben dieser ersten ältern Spalte eine zweite jüngere Parallelspalte aufbrach, die von zahlreichen Querspalten unterbrochen und durchkreuzt wurde. Auch auf dieser zweiten Spalte schütteten sich zahlreiche, heute noch thätige Vulkane auf, und ihre Eruptionsprodukte, vulkanische Asche und Sand, füllten allmählich die zwischen den beiden Gebirgssystemen befindliche Vertiefung aus, so dass dieselbe heute ein grosses, fast über die ganze Länge Sumatras ausgedehntes, von zahlreichen Quergängen durchbrochenes und abgeteiltes, flaches Hochthal darstellt. Da wo die Querspalten sich mit den Hauptspalten kreuzten, fanden Einbrüche und Einsenkungen in grösserem Masse statt; dieselben füllten sich mit Wasser, und auf diese Weise entstand auf dieser Hochfläche eine Kette von Seen, zum Teil von bedeutendem Umfange, wie der Danausee, die Seen von Singhara, Manindjo, der Tobasee u. a.

Der Tobasee ist der grösste, aber auch noch am wenigsten bekannte dieser Seen, wenn man von einem nur durch Hörensagen bekannten gleichnamigen See, welcher weiter im Gajugebiete an der Südgrenze von Atjeh liegen soll, absieht.

In etwa 600 *m* Höhe trifft man die Vegetationsgrenze, wo die Flora der tropischen Tiefebene sich mit der Flora des Hochgebirges berührt.

Die Hochebene von Toba, welche bei 1200—1400 *m* erreicht wird, bietet einen eigentümlichen Anblick. Es ist eine anscheinend völlig flach, weit ausgedehnte Ebene, nur mit kurzem, hartem Grase bestanden, über welche der Blick frei und ungehindert hinschweift, eine endlose Balanggrassavane. Diese sterile Grassteppe sagt deutlicher als Worte, dass wir es hier mit einem alten, durch vielleicht Jahrtausende langen Ackerbau ausgemergelten Kulturboden zu thun haben; die Bewohner, die Bataks, sind ein altes Ackerbauervolk, das aber keine Ahnung von Düngung oder Bodenmelioration hat.

Der ganze, nur aus lockerer Asche und vulkanischen Sand aufgeschüttete Boden ist durch tiefe, senkrecht abstürzende Erosions-

spalten die Kreuz und Quer durchzogen, und hier hat sich die ursprüngliche Vegetation vor dem alles überwuchernden Balanggras hinabgeflüchtet. Mit freudiger Verwunderung findet man hier blühende Veilchenbeete, Erdbeeren, Vergissmeinnicht, Geissblatt, Immortellen, Alpenrosen und dergl., uns aus Europa wohlbekannte Pflanzen. Der Charakterbaum der Hochebene ist aber die düstere Areng- oder Zuckerpalme, welche für den Batak geradezu Lebensbedingung ist; sie liefert ihm Holz, Umzäunungsmaterial, Wein, Zucker, Zunder, Dachbedeckung, Stricke u. s. w.

Auf den Savanen sieht man grosse Rinder-, Büffel- und Pferdeherden weiden, deren Besitz das Batakvolk zu einem reichen und glücklichen machen würde, wenn der ganze Gewinn hieraus nicht wieder durch die drei Hauptlaster dieses Volkes in die Brüche ginge, nämlich durch das Opium, die Spielwut und den Kriegsport.

Die Crozetinseln. Diese im südlichen Indischen Ozeane liegenden Inseln wurden 1772 durch Marion und Crozet entdeckt und die Possessioninsel von ersterem auch betreten; Cook ist 1773 südlich von ihnen vorübergefahren, J. C. Ross hat später trotz fünftägiger Versuche eine Landung nicht bewerkstelligen können. Die deutsche Südpolarexpedition hat dagegen am 25. Dezember 1900 die Possessioninsel betreten können. In dem Berichte [1]) heisst es: »Am 25. Dezember gleich nach 5^h morgens kamen in etwa 20 Seemeilen Abstand Possession-Island und East-Island in Sicht. Bei der Ansegelung von Süd unterschieden wir auf Possession-Island zwei Kuppen von stumpfer Kegelform, eine höhere im Westen und eine niedrigere von rötlicher Farbe im Osten, und zwischen beiden über einer weiten und flachen Scharte, die sie trennt, einen höhern, tafelförmigen Berg, der in Stufen nach Süden abfiel, und in dessen vielen Rinnen sich Schneestreifen zur Tiefe zogen. Nach Osten wie nach Westen senkten sich die Abhänge der Berge in mässiger Neigung und wurden im Westen im Meere von zwei Klippen fortgesetzt. Bei der wachsenden Annäherung löste sich der erste Anblick in einen NO und einen zweiten WzuN rechtweisend streichenden Teil auf, welcher an einem flach verlaufenden, im Meere wiederum durch eine ganz nahe dem Lande gelegene Klippe fortgesetzten Kap aneinander stiessen. WzuN von dieser lagen vor der Küste noch verschiedene andere Klippen. Auch East-Island trat mittlerweile klarer aus dem Nebel hervor, und man erkannte darin einen hohen, steilen, aber nicht angegliederten Felsklotz, an dessen Westseite sich mindestens zwei tief und steilwandig die Felsen durchschneidende Thäler erkennen liessen. Im Westen und Südwesten der Insel waren vor der Küste Klippen sichtbar. Jenseits des östlichen Endes dieser NO streichenden Küstenstrecke, wo diese Küste bereits einen nördlichen Verlauf angenommen hat, fand sich eine Bucht, auf welche wir zu-

[1]) Veröff. d. Instituts f. Meereskunde v. Richthofen 1902. Heft 2.

hielten. Dieselbe hat im Hintergrunde flache Ufer, an welchen ein breites Thal endigt, das sich in mässiger Neigung von der oben erwähnten, niedrigern rötlichen Kuppe herabzieht. Die Ufer waren von Pinguinen und Seeelefanten reich bevölkert; zahlreiehe Kormorane, die auf den Felsen dort nisten, umschwärmten das Schiff. Die Landung im Boote gelang in einer Bucht, welche »Weihnachtsbucht« genannt wurde. Die Insel baut sich dort nach dem Berichte des Geologen der Expedition der an der Landung teilnahm, aus flachgelagerten Strömen von basaltischer Lava auf, welche mit Bänken von grobem, vulkanischem Agglomerat wechsellagern. Feinere Tuffe konnte man nirgends beobachten. Die Lava- und Agglomeratbänke fallen mit 5—7° nach dem Meere zu ein, ihr Neigungswinkel entspricht also ungefähr dem Böschungswinkel der Hochfläche. Daraus ergiebt sich mit Wahrscheinlichkeit, dass ein Lavastrom von geringer Mächtigkeit oft über weite Flächen den Untergrund der Hochfläche bildet. Die Aufeinanderfolge der einzelnen Ströme und Agglomerate ist vorzüglich an der steilen Abrasionsmauer zu beobachten, welche die Brandung überall geschaffen hat. Bei der Einfahrt in die »Weihnachtsbucht« zählte Dr. Philippi 8 Lavaströme, welche mauerartig aus den leichter verwitternden Agglomeraten herausragen. Ein rötlicher Kegel einige Kilometer in NO wurde als Krater erkannt. Allerdings ist nur der östliche Teil des Kraterrandes zu erkennen, welcher schliessen lässt, dass der Krater die bekannte Lehnstuhlform besass. Das Innere des Kraters und die Aussenfläche des Kegels sind jedoch so dick mit losen Auswürflingen überdeckt, dass weiteres über seine einstige Gestalt nicht zu erkennen ist. Die Auswürflinge bestehen meist aus Fetzen einer ziegelroten, grossblasigen, seltener aus solchen einer dunklen, dichten Lava. Daneben sind echte Bomben von ellipsoidaler Gestalt nicht selten. Am Fusse des rötlichen Vulkankegels tritt ein eigentümliches, dichtes, graugeflecktes Gestein auf; Verf. konnte aber nicht entscheiden, ob es sich um Brocken eines dort anstehenden Gesteines oder um lose Auswurfsmaterialien handelt.

Spuren einer Gletscherwirkung konnte Verf. nirgends wahrnehmen, ebensowenig Flussschotter. Die losen Gesteinsblöcke, welche das Plateau und seine Abhänge bedecken, entstammen der unmittelbaren Nachbarschaft und sind höchstens durch Verwitterung kantengerändert.

Die Gesteine der Possessioninsel sind durchweg noch sehr frisch. Der leicht zersetzbare Olivin der Dolerite ist meist noch intakt, die Hohlräume der blasigen Lava sind noch nicht mit Zeolithen, Kalkspat oder Kieselsäure ausgefüllt. Dies lässt auf ein sehr jugendliches Alter der Laven schliessen. Verf. vermutet, dass die geschichteten Laven und Agglomerate nicht älter als diluvial, höchstens pliocän sind, dass die Ausbrüche des roten Vulkankegels aber dem Alluvium zufallen, vielleicht sogar nur wenige Jahrhunderte zurückliegen. Dass die Laven subaërisch abgelagert wurden, schliesst er aus den fladenförmigen Oberflächenzeichnungen der untersten Lava,

die z. B. von den Vesuvströmen so wohl bekannt sind; sie wären für submarine Laven nicht zu erklären.

In Übereinstimmung mit der Frische der Laven, die auf ihr jugendliches Alter schliessen lässt, steht die gesamte Oberflächengestaltung der Insel. Der flache Kegel des Hauptgipfels stellt wohl zweifellos die ursprüngliche Oberfläche des Stratovulkanes dar. Die Thäler sind, trotz des grossen Wasserreichtumes der Insel, meist noch flach, die Thalbildung befindet sich überall noch im Anfangsstadium. Sehr bezeichnend ist, dass Fjordbildungen, durch die Kerguelen so ausgezeichnet ist, dem von der Expedition gesehenen Teile der Possessioninsel gänzlich fehlen, und dass der Hauptinsel keine kleinern Inseln, sondern nur Riffe in unmittelbarer Nähe der Küste vorgelagert sind.

Die Insel Rota. H. Fritz macht Mitteilungen[1]) über diese südlichste der deutschen Marianeninseln. Sie liegt unter 14° 7′ 30″ nördl. Br. und 145° 13′ östl. L. v. Gr. und ist nach der Seekarte etwa 12 500 *ha* gross. Sie besteht im wesentlichen aus einem wohl 300 *m* hohen Berge, der nach W, S, O in scharf abgesetzten Terrassen, nach N sich allmählich zum Meere senkt. Im SW ist eine kleinere Insel Taipingot vorgelagert, die sich gleichfalls in steilen, konzentrischen Terrassen aufgebaut und durch eine Düne mit der Hauptinsel verbunden ist. Taipingot bietet von weitem den Anblick eines liegenden Rades und hat vielleicht dem Portugiesen Magalhaes den Anlass zu der Bezeichnung »roda« gegeben. In der Sprache der Eingeborenen (welche keiner kennt) heisst die Insel Luta, und es ist nicht ausgeschlossen, dass die Spanier wie bei vielen Ortsbezeichnungen dieses l in r verwandelten. Der Pater Sanvítores (1668) führt Zárpana (Satpana) als ihren — heute vergessenen — Eingeborenennamen an, während spätere Reisende von einer Insel »Botáha« reden.

Der einzige bewohnte Ort liegt auf der Düne zwischen der Hauptinsel und Taipingot. In O und W ist dieselbe von Riffen umsäumt, welche bis dicht an die Küste herantreten und Booten eine enge, zuweilen schwierige Einfahrt gewähren, die indessen unschwer durch Sprengung erweitert werden kann. Auch grosse Schiffe können bei allerdings wenig günstigem Ankergrunde nahe der Küste vor Anker gehen. Die grosse Bucht im SSW, Sasanhâia, bietet Schutz gegen den herrschenden Nordostwind.

Der vulkanische Kern der Insel ist bis in den Gipfel mit verwitternden Korallen bedeckt, deren oft glasharte, schlackenähnliche Beschaffenheit die Vermutung unterstützt, dass sie von den Lavaströmen späterer Vulkanausbrüche ausgeglüht seien. Das Verwitterungsprodukt der Lava bedeckt als ein tiefgründiger roter Thon die Terrassen; die handgrossen Korallensteine sind in ihm eingelagert oder bedecken als Gerölle die Hänge, nachdem die Regengüsse den Thon abgeschwemmt haben. Dieses oberflächliche Gerölle bietet in-

---

[1]) Mitteil. aus den deutschen Schutzgebieten 1901. No. 3.

dessen dem Eindringen der Wurzeln keinen Widerstand, die Vegetation scheint sogar reicher und kräftiger zu sein als auf den übrigen Inseln, die Bäume erreichen hier durchweg eine grössere Höhe. Auf der Süd- und Ostküste, wo der Korallenmantel durchbrochen ist, und das Urgestein zu Tage tritt, bilden sich Flüsse, welche das ganze Jahr hindurch Wasser führen.

Auf dem übrigen Teile der Insel versickern die reichlichen Regengüsse durch den porösen Untergrund der Koralle. Auf der Südwestseite sind zwei geräumige Höhlen mit grossen Tropfsteinbildungen, verborgenen Gängen und Hallen. Sie dienen den Eingeborenen vor Not, früher vor der spanischen Verfolgung, heute bei grossen Stürmen, als Zuflucht. Die eine derselben ist von einer kleinen Fledermaus bewohnt, und die Reste ihrer Nahrung und Verdauung bedecken in mehr als meterhoher Schicht den Boden.

Das Klima ist wie auf den übrigen Marianen heiss und feucht, Regen fällt das ganze Jahr hindurch, in grösserer Menge etwa von Juli bis November, aber auch während des übrigen Jahres genügend, um eine tiefe Austrocknung des Bodens und ein Absterben selbst der flachwurzelnden Vegetation zu verhindern (Tinian in seiner nördlichen Hälfte bildet hierin eine Ausnahme).

Der Pflanzenwuchs ist im allgemeinen derselbe wie auf den übrigen Inseln; doch sind, wie erwähnt, die Bäume höher, die Steppe ist von geringerer Ausdehnung. Rota macht daher den Eindruck einer jungfräulichern Erde als etwa Saipan.

Die Insel Nauru im Stillen Ozeane. Über dieselbe macht Prager einige Mitteilungen.[1]) Diese Insel wurde von mehrern Entdeckern mit verschiedenen Namen belegt als Nawodo, Shank-Island und Pleasant-Island, von denen sich die letzte Bezeichnung lange Zeit behauptet hat. »Nauru« ist der Name, mit welchem die Eingeborenen ihr Heimatland bezeichnen, welcher der gültige bleiben wird, nachdem die Insel deutscher Besitz geworden ist. Entdeckt wurde Nauru zuerst im Jahre 1798 von Kapt. Fearn, der ihr auch den Namen Pleasant-Island beilegte.

Nauru, auf 0° 25′ s. Br., 167° 2′ ö. L. gelegen, erscheint jedem dort anlaufenden Seefahrer als ein mit voller Tropenpracht geschmücktes Fleckchen Erde, was um so auffallender ist, als gleich einsam, ebenfalls nahe dem Äquator gelegene Inseln, wie Baker-Island 0° 11′ n. Br., 158° 40′ w. L. und Jarvis-Island 0° 22′ s. Br. 159° 58′ w. L. wenig oder keine Vegetation aufweisen. Der Grund dafür, dass auf Nauru sich eine so blühende Flora entfalten konnte, liegt in der Beschaffenheit des Bodens, der vulkanischen Ursprunges ist. Dazu tritt der für Nauru charakteristische Umstand, dass, so klein diese Landfläche auch ist, daselbst ausreichender Regen fällt. Die beiden inmitten der Insel befindlichen 150 Fuss hohen Hügel

[1]) Ann. der Hydrographie 1902. p. 308.

sind ehemalige Krater, in deren Vertiefungen heute sich kleine Kraterseen befinden. Die etwa 15 Seemeilen im Umfange grosse Insel umgiebt ein 200 *m* breites Korallenriff, das steil zu grosser Tiefe abfällt und einem Schiffe nirgendwo Ankergrund darbietet. Steile, 5—7 *m* hohe Korallenklippen geben Zeugnis davon, dass vulkanische Kraft die früher viel kleinere Landfläche gehoben hat.

Die Bevölkerung der Insel Nauru hat sich aus vor langer Zeit auf See vertriebenen Gilbert-Insulanern entwickelt; namentlich waren es Bewohner der unter dem Äquator gelegenen Inseln dieser Gruppe, die einstmals in leichten Kanus, durch die starke Äquatorialströmung abgetrieben, dem Zufalle danken konnten, dass sie diese kleine Insel erblickten und dort Rettung fanden.

Dementsprechend sind Sprache, Sitten und Gebräuche der Bewohner Naurus die gleichen wie die der Gilbert-Insulaner. ebenso ist die Kampf- und Rauflust der in 11 Stämme geteilten 1200 Eingeborenen eine vererbte Eigenschaft, wodurch, ehe die deutsche Herrschaft auf Nauru zur Geltung kam, viel Unheil und grosser Schaden am Bestande der Kokosnusskultur angerichtet wurde.

Aber nicht allein den Eingeborenen jener Gegend wird die äquatoriale Meeresströmung verhängnisvoll, sondern fast alle Segelschiffe, die nach Nauru bestimmt sind und an der Westseite dieser Insel mehrere Tage sich aufhalten müssen, treiben ab. Gelingt es dann nicht, schnell auf 3—4° n. Br. zu gelangen und mit dem äquatorialen Gegenstrome gegen den oft leichten Nordostwind aufzukreuzen, dann können Wochen vergehen, ehe Nauru wieder erreicht wird.

Vorherrschend in der Nähe Naurus ist der Nordost- bis Ostnordostwind, dessen durchschnittliche Stärke selten 4—5 übersteigt. Bemerkenswert aber ist, dass die kleine Insel auf die Luftströmung gewissen Einfluss ausübt, denn in bestimmter Jahreszeit, Mai bis August, sind in der Äquatorialgegend Windstillen oder sehr leichte Winde vorherrschend; in der nähern Umgebung der Insel findet man jedoch fast immer eine stärkere Luftströmung vor. Auch des Nachts ist eine Windstärke bis 3 meistens zu erwarten, seltener sind plötzlich eintretende Windstillen.

Die Samoainseln. Über dieselben verbreitete sich Dr. G. Wegener.[1]) Dieser Archipel liegt annähernd in der Mitte der Inselwolke, die den Europa am meisten abgewandten Teil der Erde überdeckt.

Die Inseln liegen in sehr flachem, leicht nach Norden konkavem Bogen, der von OSO nach WNW zieht und rund 500 *km* lang ist. Er besteht aus 5 Inseln oder Inselgruppen. Ihr Gesamtflächeninhalt steht in der Mitte zwischen demjenigen von Mecklenburg-Strelitz und Luxemburg.

---

[1]) Zeitschr. der Ges. für Erdkunde zu Berlin 1902. p. 411.

Die Entstehung der Samoainseln ist aufs innigste mit dem Problem der Entstehung der ganzen Inselwelt des Grossen Ozeans verknüpft. Gewisse Grundzüge in letzterer lassen auf die Wirksamkeit grosser Gesetzmässigkeiten schliessen. Die Inselschwärme lassen sich in drei grosse Linienzüge ordnen. Eine Richtung geht, die Umrisse Australiens nachahmend, von Neu-Guinea über die Salomonen bis nach Neu-Seeland, eine zweite folgt der Ostküste dieses Landes und zieht geradlinig über die Kermadek- zu den Tongainseln. Die dritte besteht aus losen Zügen von vorwiegend OSO—WNW-Richtung, die in breitem Bande über den Ozean dahinziehen. Letzterer Gruppe gehören die Samoainseln an.

Für die besonders von der Darwinschen Korallenrifftheorie ausgehende Hypothese, dass wir in den Inseln Ozeaniens es mit den Resten eines versunkenen Kontinentes zu thun haben, leistet die Beobachtung der Meerestiefen gewissen Vorschub. Im grossen und ganzen sinkt der Boden von Australien aus nach Osten und Norden. Die grossen Inseln des Gebirgsbogens, der von Neu-Guinea bis nach Samoa zieht, liegen im allgemeinen auf einer flachern Stufe, die 2000—3000 *m* tief ist, und die Zusammensetzung ihrer mannigfaltigen archäischen und sedimentären Gesteine macht es ziemlich wahrscheinlich, dass hier ehedem ein Kontinent gewesen ist. Jenseits davon liegt der Bereich, wo so gut wie gar kein anstehender sedimentärer Fels mehr bekannt ist, sondern fast nur noch jüngere Vulkane und Korallenbauten die Inseln zusammensetzen. Aber auch hier lässt sich noch eine zweite, etwas tiefere Stufe erkennen, deren Rand von den Kermadek- und Tongainseln über die Karolinen zieht, und die mit einigen Unterbrechungen oberhalb von 3000 *m* liegt. Erst jenseits von ihr beginnen die ganz grossen Meerestiefen von 4000, 5000, 6000 *m*. Ja hart neben dieser Grenzlinie kommen an einzelnen Stellen die gewaltigsten Tiefen vor, die wir überhaupt kennen — zwischen Karolinen und Marianen von mehr als 8000 *m*, und dicht neben den Tongainseln liegt sogar die tiefste bisher überhaupt beobachtete Stelle, wo bei ungefähr 9 *km* Tiefe noch kein Grund gefunden worden ist. Diese Erscheinung giebt dieser unterseeischen Stufe eine besondere Ähnlichkeit mit Kontinentalrändern, wo wir ähnliche Höhenunterschiede beobachten.

Auch zu der zweiten Stufe sind die Samoainseln anscheinend nicht mehr zu rechnen, sondern zu dem ganz ozeanischen Reste, dessen Inseln aus Tiefen von 4000 *m* und mehr aufsteigen. Auch hier aber zeigt die Tiefenlotung, dass jede dieser Inselgruppen auf einer gemeinsamen Erhebung aufsitzt, die oft, wie z. B. bei den Paumotu, bis auf weniger als 1000 *m* dem Meeresspiegel sich nähert. So erscheint es fast, als ob der Meeresboden in dem Gebiete, dem Samoa angehört, in grosse parallele Wellen gelegt ist, wie wir es ähnlich in dem uralten Faltungsgebiete des innern Asien finden.

Der gemeinsame Rücken der Samoainseln steigt aus Tiefen von

4000, auf der Südseite 5000 *m* an und bildet einen unterseeischen Plateaustreifen von 2000—3000 *m* Tiefe. Da die Inseln sich in Sawaii bis zu etwa 1700 *m* Höhe über See erheben, so hätten wir, wenn wir den Ozean von Wasser entblössen könnten, eine in westöstlicher Richtung ziehende Gebirgskette vor uns mit Höhen von 5000—7000 *m*, d. h. gleich den gewaltigsten Gebirgen der Erde.

Von den Schichten der Erdrinde, die den Sockel dieses Gebirges zusammensetzen, sehen wir nichts mehr; nur noch die Gipfel von Vulkanen schauen über die Meeresfläche empor, die dem unterseeischen Gebirgsrücken in ähnlicher Weise aufgesetzt erscheinen, wie die Vulkane der Andes den Plateaus der Kordilleren.

Das Gestein besteht vorwiegend aus einem Basalt, dessen Entstehung grösstenteils bis in die Tertiärzeit zurückzureichen scheint, doch lässt sich erkennen, dass die vulkanische Thätigkeit noch bis in die jüngste Zeit fortgedauert hat. Sie ist augenscheinlich successive von Osten nach Westen erloschen. Je weiter wir in dieser Richtung wandern, um so besser sind die Kraterformen noch erhalten. In Manua und Tutuila erkennt man kaum noch solche, und das Gestein ist tiefgründig zersetzt. Auch die Ostseite von Upolu ist noch ein meist bis zur Unkenntlichkeit zerstörtes Trümmerwerk alter Krater. In der Mitte der Insel treten sie uns aber noch wohlerhalten entgegen, und der westliche Eckpfeiler der Insel, der Tofua, ist ein Vulkanberg von grösster Regelmässigkeit. Ebenso nimmt die Zersetzung der Basaltmassen des Bodens von Westen nach Osten sichtlich ab. Sawaii vollends ist eine der typischsten Vulkaninseln, die es giebt. Hier ist überdies der Boden noch fast durchweg mit einem wenig zersetzten Blockgerölle überdeckt. Ja an mehrern Stellen sind noch frische Lavaergüsse zu erkennen. Einen solchen gewahrt man hier auf der Nordseite schon von weitem, vom Schiffe aus, sehr deutlich. In das dichte grüne Waldkleid, das die sanftgeneigten Gehänge der Insel überzieht, ist eine lichtere Fläche eingebettet, die in Dreiecksform sich aufwärts nach dem Krater des Mua zieht. Hier liegt die Spitze. Das Ganze ist ein noch sehr wenig zersetzter Lavastrom, welcher den Wald zerstört hat, und den eben erst eine niedrige Vegetation zu erobern beginnt. Die Eingeborenen haben dafür den merkwürdigen Namen O le Mu, das Glühende, so dass ihre Vorfahren den Fluss der Lava noch mit angesehen zu haben scheinen. Ein zweiter, etwas älterer Erguss ähnlicher Art und gleichen Namens existiert auf der Südseite.

Auch ein anderer Umstand ist Zeugnis dafür, dass der Vulkanismus von Osten nach Westen erloschen ist, nämlich die Entwickelung der Korallenbauten; diese können sich natürlich immer erst eine geraume Zeit nach der Beruhigung des Gebietes bilden. Und nun zeigt es sich, dass Sawaii erst nur Ansätze zur Korallenriffbildung besitzt. Upolu hat ein weit reicher ausgebildetes Riff, das aber streckenweise fehlt. Die folgenden Inseln haben noch intensivere Korallenbildung, und Rosa ist vollends eine fast ganz reine Koralleninsel.

Erdbeben werden in Samoa noch sehr häufig beobachtet, die Erschütterungen kommen meist aus Südwest. sind aber durchgängig gering. Immerhin sind sie als Zeugen dafür interessant, dass die unterirdischen Kräfte, welche die Inseln aufgetürmt haben, noch immer nicht zur Ruhe gekommen sind.

Wenn hier wirklich das Versinken eines Kontinentes stattgefunden hat, so lässt sich aus dem rein kolonialen Charakter der Lebewelt schliessen, dass derselbe bereits völlig untergetaucht gewesen sein muss, ehe die Vulkane der heutigen Inseln auf ihrer Unterlage entstanden; denn sonst müssten sich auf den Inseln wohl Reste der originalen, von der westlichen abweichenden Lebewelt dieses Erdteiles erhalten haben.

Eine neu entstandene und wieder verschwundene Insel. In der Nähe von Pelican Point, etwa $6^1/_2$ Meilen westlich von der Walfischbai-Niederlassung, entdeckte die Tochter des englischen Residenten mit dem Fernglase am 1. Juni 1900 einen Gegenstand im Meere, der einem Schiffsrumpfe glich. Man begab sich mit einer Dampfpinasse an Ort und Stelle und fand dort eine etwa 150 Fuss lange, 30 Fuss breite Insel, die, sich 15 Fuss über den Meeresspiegel erhebend, so steilen Absturz zeigte, dass eine Landung unmöglich war. Indessen schwamm ein Offizier bis an das Eiland heran und brachte eine Probe des Materiales, aus dem dasselbe bestand, mit zurück. Diese Probe erwies sich als Schlamm, auch schienen an einigen Punkten Dämpfe von der Insel aufzusteigen, und ein Geruch nach Schwefelwasserstoff machte sich bemerkbar. Als man am 7. Juli die Insel näher untersuchen wollte, war sie verschwunden. Nach Waldron und Schenck ist es wahrscheinlich, dass sich in der Walfischbai nahe bei Pelican Point ein untermeerisches Schlammvulkangebiet befindet, dem hauptsächlich Schwefelwasserstoffgas entströmt. Mit eigentlichen Vulkanen, die glühende Massen aussenden, haben solche Schlammvulkane nichts zu thun. Der Wasserstoff verdankt vielmehr seinen Ursprung wahrscheinlich organischen Stoffen, die auf dem Meeresboden unter einer Schlammschicht begraben liegen. Jedenfalls aber ist die Thatsache, dass auf diese Weise eine Insel gebildet worden ist, bis dahin noch nicht beobachtet worden, falls nicht die vor mehr als 40 Jahren im Kaspischen Meere aufgetauchte und später wieder verschwundene Insel den gleichen Ursprung gehabt hat.

Das Meer.

Die Verteilung des Salzgehaltes im Oberflächenwasser des Ozeans ist von Dr. G. Schott kartographisch dargestellt und erläutert worden.[1] Es wurden dabei alle zuverlässigen Beobachtungen benutzt, und die Übersichtskarte muss als sehr wertvoll bezeichnet

[1]) Petermanns Mittl. 1902, p. 217.

werden. Maxima des Salzgehaltes (mit über 36‰) zeigen sich im Grossen Ozeane zwischen 10 und 30° s. Br. und 80—165° w. L. v. Gr., zwei kleinere Gebiete ausserdem östlich von Australien und östlich von Neu-Guinea zwischen 160 und 170° w. L. Nördlich vom Äquator zwischen 20 und 30° n. B. und 155° w. L. bis 145° ö. L. v. Gr. liegt eine Fläche mit Salzgehalt bis zu 35.9‰. Im Indischen Ozeane findet sich ein Maximum von über 36‰ westlich von Australien zwischen 75 und 110° ö. L., dann im Arabischen Meere vom Äquator nordwärts die ganze Küste Arabiens umsäumend. Im Atlantischen Ozeane findet sich das Maximum des Salzgehaltes über 37‰ ostwärts von der Küste Brasiliens zwischen 10 und 25° s. Br. bis 10° w. L. v. Gr., nordwärts vom Äquator eine andere elliptische Fläche mit 37—37.9‰ zwischen 20 und 30° n. Br .und 20—55° w. L.; endlich ist das Mittelländische Meer (mit Ausnahme der Nordwestecke des Adriatischen Meeres) ein Gebiet maximalen Salzgehaltes. Der an sich bestechende Gedanke, sagt Verf., dass bestimmten Stromgebieten des Meeres unter allen Umständen ein ganz bestimmter »immanenter« Salzgehalt als solcher zuzuweisen sei, hat keine Geltung, und lediglich die ausserhalb des Meeres liegenden meteorologischen Einflüsse werden den Schlüssel sowohl für die schwachsalzigen wie starksalzigen Gebiete abgeben. Wenn wir die Karten der Windverhältnisse in den bekannten Atlanten zu Rate ziehen, so finden wir, dass im äquatorialen Stillen Ozeane, zumal im nördlichen Hochsommer, unter etwa 10° n. Br., eine bandförmige, breite Zone vorwiegender Windstillen gerade dort lagert, wo das Minimum des Salzgehaltes mitunter 34.5, ja 34.0‰ Salzgehalt beobachtet wird, dass ferner im äquatorialen Indischen Ozeane zu allen Jahreszeiten in breiter, nach W keilförmig abschneidender Zone vorwiegend auf südlichen Breiten, und zwar auf der hinterindischen Ozeanseite, Windstillen über gewaltigen Flächen äusserst häufig sind, wiederum in Deckung mit der Lage des äquatorialen indischen Minimums des Salzgehaltes; wir finden schliesslich, dass im äquatorialen Atlantischen Ozeane auf nördlicher Breite der Windstillengürtel die relativ geringste Ausdehnung hat, und demgemäss auch die äquatoriale Salzgehaltsverminderung nur nach der afrikanischen Seite unter 35‰ in vielen Fällen herabgeht, dagegen im übrigen mit 35.5 und 35.0‰ vergleichsweise am wenigsten bemerkbar wird, weil in einem nach W, nach den Antillen hin, sich immer steigernden Masse zur Zeit des nördlichen Winters an die Stelle von Windstillen ein kräftiger Nordostpassat tritt, der die Konzentration vermehrt. Was dann die Flächen höchsten Salzgehaltes anbelangt, so lassen sich auch da die absoluten Beträge in ziemlich klarer Weise in ein direktes Abhängigkeitsverhältnis von der Windstärke bringen. Im Nord- und im Südatlantischen Ozeane steigt der Maximalwert des Oberflächensalzgehaltes bis auf 37.5‰ und etwas darüber, und zwar findet sich die Maximalzone nicht etwa im Rossbreitengürtel, d. h. in den Gegenden höchsten Luftdruckes

und leichter Winde, sondern da, wo der Nordost-, bezw. Südostpassat am frischesten ist; besonders aber möge man beachten, dass in beiden Ozeanhälften jahraus jahrein der Passat in der fraglichen Meeresgegend (unter dem nördlichen Wendekreise, bezw. 20— 10° s. Br.) als durchstehende Brise vorhanden ist: daher hier das absolute Maximum des Salzgehaltes der Hochsee.

Dass die Maximalwerte der übrigen Ozeane nicht so hoch ansteigen, wird auch erklärlich. Im südlichen Stillen Ozeane kann man unter 20° s. Br. bis auf 36.5 ‰ Salzgehalt und etwas darüber rechnen, im südlichen Indischen Ozeane zwischen 30 und 25° s. Br. auf nur 36.0 bis höchstens 36.5 ‰, ganz begreiflicherweise; denn die Südostpassate sind in diesen Gegenden entweder nur von mässiger Stärke, oder es herrschen gar in einem Teile des Jahres daselbst Windstillen.

Man sieht, dass in der Hauptsache die wichtigsten Grundzüge der Salzgehaltsverteilung allein durch die von den Windstärken regulierte Verdunstung erklärt werden können.

Der Einfluss der durch Festlandsströme dem Meer zugeführten Süsswassermengen lässt sich an vielen Stellen nachweisen, so z. B. im Gelben Meere (unter 32 ‰), in der Bai von Bengalen in besonders hohem Grade; im Arabischen Meere ist die in der Nähe der Indusmündungen bis auf unter 34 ‰ gehende Herabsetzung gegenüber der in der westlichen Hälfte dieses Meeresteiles besonders grossen Salinität von über 36 ‰ beachtenswert. Genauer festgelegt ist die horizontale Ausbreitung des Kongowassers, welche in der Richtung der Benguelaströmung vorwiegend nach W und NW hin erfolgt. Aus der dem Auge sichtbaren Verfärbung des Ozeanwassers ist auf eine Ausdehnung von etwa 550 *km* in Westostrichtung und von 180 *km* in Nordsüdrichtung zu schliessen, was eine Fläche von rund 100 000 *qkm* oder einem Fünftel des Areales von Deutschland bedeutet; das Aräometer als Messinstrument für den Salzgehalt beobachtet aber noch bedeutend schärfer, und man kann, wenn man alle Süsswasserzuflüsse vom Niger bis zum Kongo zusammenfasst, aus den unter den normalen Wert herabgehenden Beträgen der Konzentration einen Einfluss dieser Süsswassermengen für ein dem Flächeninhalte Deutschlands gleichkommendes Areal feststellen.

Die Herabsetzung der Salinität durch schmelzendes Eis wird in der Neufundlandgegend, an der ostgrönländischen Küste, auch im nördlichen Beringmeere und im Ochotskischen Meere bemerkbar. Im hohen Süden sind die seitens der »Valdivia«-Expedition zwischen Bouvetinsel und Enderbyland gemessenen Konzentrationswerte von unter 34, ja unter 33.5 ‰ zum Teil durch Schmelzwasser zu erklären, wennschon in der Hauptsache die bei dem stark bedeckten Himmel wohl geringe Verdunstung und die Häufigkeit des atmosphärischen Niederschlages massgebend sind; jedenfalls sind die Salzgehalte recht niedrig, man bedenke, dass die Nordsee einen erheblich grössern Salzgehalt aufweist.

Dort, wo grosse Süsswasserzuflüsse mit grossen Eismassen sich vereinigen, findet man eine für die offene See beispiellose Verminderung des Salzgehaltes. Das grossartigste Beispiel hierfür sind die Gewässer des nördlichen Eismeeres im N von den sibirischen Strommündungen. Offenbar wird dort durch die ausgedehnte Bedeckung mit Eisschollen der Seegang in den meisten Fällen sehr vermindert; niemandem, der im Eismeere gefahren ist, wird die auffällige Beruhigung der Wasseroberfläche zu einem glatten, wenn auch vielleicht von Dünungen durchzogenen Spiegel entgangen sein. Eine notwendige Folge dieser Wellenberuhigung ist, dass das Süsswasser zwar in äusserst dünner Schicht, aber auf sehr grosse Entfernungen hin wie ein feines Häutchen über dem schweren Seewasser sich ausbreitet, und zwar wird nur schwer und langsam eine Vermischung beider Wasserarten stattfinden.

Dr. Schott führt dann auch Beispiele an, in denen das Oberflächenwasser bestimmten Salzgehaltes über die ihm normalerweise gesteckten Grenzen hinaus durch Meeresströmungen fortgeführt wird. »Das grossartigste und bekannteste Beispiel ist der im Gefolge der Golfstromtrift bis zum europäischen Nordmeere, ja bis nach Spitzbergen und weiterhin vorhandene hohe Salzgehalt, welcher auf 34.5, $35^0/_{00}$ und darüber zu beziffern ist. Auch weit nach O, nämlich bis zur Westküste Nowaja-Semljas, gelangt manchmal Golfstromwasser von $34—35^0/_{00}$.

Sehr deutlich wird ferner das Eindringen von ozeanischem Salzgehalte mit der an der Westküste Grönlands nordwärts setzenden Triftbewegung; Salzgehaltswerte von über $33^0/_{00}$ noch auf der Höhe von Umanak würden sonst unerklärbar sein. Im nördlichen Stillen Ozeane liegt infolge der Salzgehaltsverteilung die Vermutung nahe, dass ein Eindringen von Kuro-siwo-Wasser in das Beringmeer doch stattfindet, obschon man sonst dafür wenig Anzeichen hat; man beachte auch die auffällige Ausbuchtung der Isohalinen im Bereiche der kalifornischen Küstenströmung. Auf südlichen Breiten ist der Einfluss der Brasilienströmung bis etwa zum 50. Breitenparallele offenbar. Merkwürdig gering erscheint dagegen im Kartenbilde der entsprechende Einfluss des mächtigen und salzreichen Agulhasstromes. Es hängt dies offenbar mit seiner durch die schweren Westwinde und die Benguelaströmung bewirkten vollkommenen Zersplitterung in einzelne Fäden zusammen, mit einem Vorgange also, welcher das gewaltige Mischwassergebiet hervorbringt. Dagegen ist sehr auffällig und deutlich die im SO von Kerguelen bis nach Terminationland hin sich erstreckende Ausbuchtung der $34^0/_{00}$-Isohaline, welche nur durch eine von NW kommende, vergleichsweise salzreiche (und warme) Trift erklärt werden kann.«

Die Grundproben aus der Tiefsee, welche die deutsche »Valdivia«-Expedition gesammelt hat, sind von John Murray und E. Philippi in Edinburgh untersucht worden. Es sind 166 Proben

von 155 Stationen. Sie verteilen sich [1]) wie folgt: Globigerinenschlamm 55 Stationen, blauer Schlick 20 St., Diatomeenschlamm 17 St., Pteropodenschlamm 12 St., vulkanischer Schlick 9 St., roter Thon 7 St., Grünsand 5 St., vulkanischer Sand 4 St., grüner Schlick 4 St., Korallenschlick 3 St., Radiolarienschlamm 2 St., grober Kalksand, grober Quarzsand und Korallensand je 1 Station. Die Grundproben aus dem Atlantischen und Indischen Ozeane bieten wenig Neues; hingegen sind die Lotproben aus den antarktischen Gewässern zwischen dem Kap und Kerguelen höchst interessant. Neu erscheint hier der ganz kalkfreie Diatomeenschlamm, der in grosser Ausdehnung die Tiefe von 5000 *m* bedeckt; ferner ein Radiolarienschlamm aus verhältnismässig riesigen Radiolarien. Auffallend ist ein isoliertes Auftreten eines kalkreichen Globigerinenschlammes zwischen gänzlich kalkfreien Schlicken und Schlammen.

Neue Tiefseelotungen im Atlantischen und Indischen Ozeane behandelte Dr. G. Schott.[2]) Zunächst weist er dabei auf die grosse Wichtigkeit der Tausende von Messungen der Kabeldampfer für unsere Kenntnis der Tiefe der Weltmeere hin. Neuerdings sind es die Tiefseemessungen für das rund um die Erde zu ziehende englische Kabel, welche wichtige neue Aufschlüsse brachten. Sie sind unlängst vom Londoner Hydrographischen Amte veröffentlicht worden.[3]) Das neue Kabel geht von St. Vincent (Kap Verden) über Ascension und St. Helena nach dem Kaplande, von dort über Mauritius und Rodriguez nach den Kokos- (Keeling-) Inseln, von hier nach Fremantle an der Westküste Australiens; bis hierher ist das Kabel seit dem 1. März d. J. in Betrieb. Der Abgangsort in Australien ist Brisbane; über Norfolk, die Fidjiinseln und Fanninginsel soll Vancouver erreicht werden. Im Stillen Ozeane hat die notwendigen Vermessungen der grosse Kabelleger »Britannia« ausgeführt, im Indischen Ozeane der Kabelleger »Sherard Osborn«, im Atlantischen Ozeane waren »John Pender« und »Anglia« thätig; die Vorarbeiten fallen in die Jahre 1898—1901.

Dr. Schott stellt zunächst die Messungen im Atlantischen Ozeane zusammen und bemerkt dazu: »Diese Messungen berühren zwei von den deutschen Geographen seit vielen Jahren mit besonderer Aufmerksamkeit betrachtete Meeresgegenden, einmal den halbwegs zwischen Kapstadt und St. Helena gelegenen sogenannten »Walfischrücken«, auf welchem s. Zt. die deutsche Tiefseeexpedition (D. S. »Valdivia«) im Oktober 1898 gearbeitet hat, und sodann die Gegend der »Romanchetiefe« nahe dem Äquator, da, wo jüngst die deutsche Südpolarexpedition auf der »Gauss« ebenfalls gelotet hat. Es stellt sich heraus, dass mit 936 *m* die flachste Stelle in diesem Teile des »Walfischrückens« von der »Valdivia« wahrscheinlich angelotet

[1]) Centralblatt für Mineralogie 1901. p. 525.
[2]) Ann. der Hydrographie 1902. p. 487.
[3]) List of oceanic depths received at the Admirality during the year 1901. (H. D. No. 183.) London 1902.

worden ist, da sowohl im SW wie im NO dieser Stelle die Tiefen nach den englischen Lotungen zunehmen. Mit Recht wird man daher denjenigen Teil, der geringere Tiefen als 1000 *m* aufweist, »Valdiviabank« benennen dürfen, wie es in dem wissenschaftlichen Werke über die Tiefseeexpedition vorgeschlagen worden ist.« Eine Skizze von Dr. Schott lässt erkennen, dass der Walfischrücken eine NO bis SW-Richtung verfolgt, sowie dass der gesamten Anschwellung innerhalb der 4000 *m*-Isobathen eine Breite von rund 140 Seemeilen oder 250 *km* zukommt.

»Was die »Romanchetiefe« (7370 *m*) nahe bei dem atlantischen Äquator anlangt, so ist ihre Existenz durch zwei Lotungen des Südpolarschiffes »Gauss« bestätigt worden; anderseits führen aber die neuen Tiefenmessungen von »J. Pender« und »Anglia« so nahe an den tiefsten Stellen vorbei, mit Ergebnissen von nur rund 3800 *m*, dass es lohnend schien, das Bodenrelief der gesamten kritischen Gegend kartographisch unter Heranziehung aller verfügbaren Tiefenmessungen abzubilden. Die Gegend ist von besonderem Interesse, da sie das Grenzgebiet zwischen den tiefen nordatlantischen und südatlantischen Becken bildet (Zentrale Schwelle); sie ist von zahlreichen wissenschaftlichen Expeditionen gekreuzt worden, vom »Challenger« zweimal, von der »Gazelle«, dem »Buccaneer« u. a. m. Es wird immer deutlicher, dass eine wahrscheinlich ganz lokale Einsenkung, ein tiefer Kessel vorliegt, durch Absenkung an der centralatlantischen Schwelle entstanden. Die Grundprobe aus 7230 *m* (Station IV der »Gauss«) deutet auch auf starke Dislokationen und vulkanische Ausbrüche daselbst hin. Bisher dürften allerdings solche Kessel mitten im Ozeane weitab von jedem Lande kaum anderwärts aufgefunden sein. Nur 23 Seemeilen oder 41.4 *km* entfernt von der tiefsten Stelle sind 3824 *m* gelotet worden; es ergiebt dies eine mittlere Böschung von 1:11 oder einen Neigungswinkel von reichlich 5°. Die atlantische Bodenschwelle wird durch die »Romanchetiefe« zwischen 18 und 19° w. L. so stark eingeschnürt, dass ihre Breite nur 20 Seemeilen oder etwa 35 *km* daselbst betragen dürfte — die Tiefen mit weniger als 4000 *m* gerechnet —; ja man hätte, wenn nicht die neue Lotung des »John Pender« in 0° 25′ n. Br. und 18° 14′ w. L. mit 3758 *m* vorliegen würde, Berechtigung zur Annahme gehabt, dass der zentrale Rücken hier vollkommen unterbrochen, durch eine tiefe Absenkung abgeschnürt sei, was aber offenbar doch nicht der Fall und für die Auffassung der Morphologie des gesamten Atlantischen Ozeans von erheblicher Bedeutung ist.«

Von den im Indischen Ozeane ausgeführten Tiefseelotungen der oben genannten Kabeldampfer im Mai und Juni 1900 zwischen Fremantle, den Kokosinseln (Keeling) und Rodriguez giebt Dr. Schott auch eine tabellarische Zusammenstellung und eine kartographische Skizze. Er hebt hervor, dass diese neuen Lotungen eine seit Jahren nicht dagewesene bedeutende Förderung der Erforschung der indischen

Tiefen darstellen, die Lotungsreihe der »Sherard Osborn« sei (von Spezialuntersuchungen natürlich abgesehen) sogar unerreicht in der Hinsicht, da bisher auf keiner Durchquerung des Indischen Ozeanes die Tiefenmessungen so dicht aneinander gereiht worden sind wie hier. Dazu komme, dass die Reiseroute gerade über die unbekanntesten Regionen hinwegführte, und endlich, dass auch häufig die Temperatur des Meerwassers am Grunde bestimmt worden ist.

»Die gangbaren Tiefenkarten, sagt Dr. Schott, mussten natürlich irgend eine Auffassung des unterseeischen Reliefs im allgemeinen bekunden, um so mehr, als man eine sehr grosse Eintönigkeit der Bodengestaltung annehmen zu dürfen meinte. Die Lotungen der »Sherard Osborn« haben von neuem den Beweis geliefert, wie gewaltige Täuschungen dabei vorkommen können. Auch im zentralen Indischen Ozeane zwischen den Maskarenen und der W-Küste Australiens wechseln Berg und Thal in bunter Reihenfolge, und man muss durchaus weitere Lotungen abwarten, ehe man mit einiger Zuversicht wagen kann, die neu zu Tage getretenen Tiefenlinien mit denen der übrigen Teile dieses Ozeanes in Zusammenhang zu bringen.

Bis 1900 kannte man aus dem Bereiche des Indischen Ozeanes nur eine Tiefe von mehr als 6000 *m*; es war die vom Kabeldampfer »Recorder« im Jahre 1888 mit 6205 *m* 150 Seemeilen im S von Lombok gemessene Tiefe. Nunmehr tritt als grösste Tiefe an ihre Stelle die Station 82 der »Sherard Osborn«: 6459 *m* in 18° 6′ s. Br. und 101° 54′ ö. L.; die Position liegt etwa 350 Seemeilen östlich von der durch die »Valdivia«-Expedition gefundenen grössten Tiefe von 5911 *m* in 18° 18′ s. Br. und 96° 20′ ö. L., so dass eine recht ausgedehnte maximale Einsenkung zwischen den Kokosinseln und Westaustralien vorhanden zu sein scheint. Übrigens kommen auch im W von den Kokosinseln Tiefen von über 6000 *m* vor. Damit vergesellschaftet ist eine ganze Reihe von auffälligen mehr oder weniger lokalen Erhebungen, wo man nur 2000—3000 *m* Tiefe, ja sogar nur 1700 *m* mitten im Ozeane antrifft; meist wurde an diesen relativ flachen Gegenden feiner weisser Sand als Grundmaterial festgestellt, auch »Mud« in einzelnen Fällen.

Die Bodentemperaturen liegen nach den Beobachtungen an Bord der »Sherard Osborn«, soweit wir Tiefen von mindestens 4000 *m* in Betracht ziehen, fast ohne Ausnahme zwischen 1 und 2°. Im Mittel dürfte 1.6° C. sich ergeben; geographische Besonderheiten in der Verteilung der Bodenwärme werden nicht erkennbar. Grosse Ansprüche an die Genauigkeit dieser Messungen darf man nicht stellen, wie ja überhaupt vielfach die meist geringfügigen Unterschiede in der Bodentemperatur der tiefsten Meeresbecken nur durch Messungsfehler entstehen und nicht thatsächlich vorhanden sind.«

Über die ozeanischen Ergebnisse der deutschen Südpolarexpedition von Kiel bis Kapstadt, soweit sie zur Zeit

bekannt gemacht sind, macht Prof. Dr. Krümmel einige Bemerkungen.[1]) Was zunächst die Beobachtungen an der Meeresoberfläche anbetrifft, so sind die beiden Salzgehaltsmaxima des Atlantischen Ozeanes bei 30° n. Br. (=37.1 $^0/_{00}$) und 20° s. Br. (=36.8 $^0/_{00}$) angeschnitten, das der äquatorialen Kalmenzone eigene Minimum tritt zwischen 8° und 5° n. Br. mit weniger als 35 $^0/_{00}$ deutlich hervor. Auch die Thatsache, dass südlich von 30° s. Br. der Salzgehalt knapp 35 $^0/_{00}$, stellenweise auch etwas weniger beträgt, findet von neuem (immer noch ganz erwünschte) Bestätigung. Die absoluten Dichten ($S\frac{t^0}{4^0}$) zeigen einen regelmässigen Abfall von 1.0255 in der spanischen See bis 1.022 in der äquatorialen Kalmenregion bei 7° n. Br. und erneutes Ansteigen bis 1.026 in 30° s. Br., worauf entlang 35° s. Br. die gleiche Dichte mit geringen Schwankungen bis Kapstadt festgehalten wird. Mit dem Minimum der absoluten Dichte fällt das Maximum der Oberflächentemperatur zusammen: 28.7° in 7° n. Br. Entlang 35° s. Br. werden beträchtliche Schwankungen der Wasserwärme (zwischen 13 und 18.5°) beobachtet; in 10° ö. L. hebt sich diese von 14 auf 18.5° innerhalb weniger Stunden.

Auch die Wasserfarbe und Durchsichtigkeit wurden in der jetzt üblichen Weise beobachtet; eine einfache Forelsche Skala ergab, wie auch sonst bekannt, nur geringe Abweichungen vom reinen Blau, mit nur 1—3 $^0/_0$ Gelb, in den tropischen und subtropischen Gebieten, bei den Kapverden kamen einmal 6 $^0/_0$ Gelb, auch noch in 36° s. Br., 5° ö. L. nur 1 $^0/_0$ Gelb zur Beobachtung.

Die Tieflotungen, bemerkt Prof. Krümmel, bringen eine sehr erwünschte Vervollständigung des vorhandenen Materiales und füllen in den Stationen VIII—XV (zwischen 1.3° s. Br. und 16.9° w. L. und 25.9° s. Br. und 20° w. L.) eine sehr empfindliche Lücke in dankenswertester Weise aus. Die eigentliche Schwelle des Walfischrückens ist zufällig nicht angelotet, aber wahrscheinlich zwischen Station XXIV und XXV (33.6° s. Br., 5.1° w. L. und 34.1° s. Br., 3° w. L.) überschritten worden, was aus dem Temperaturabfalle bei nahezu gleicher Bodentiefe geschlossen werden könnte.

Besonders wichtig sind die Lotungen IV und XXIX. (0° 11′ s. Br., 18° 15′ w. L. und 35° 52′ s. Br., 13° 8′ w. L.). Die erstere bestätigt die mit 7370 *m* angegebene Tiefenlotung der »Romanche«. »Ist an der Thatsache nicht mehr zu zweifeln, dass mitten im Atlantischen Ozeane nur 11 Seemeilen südlich vom Äquator die gewaltige Tiefe von 7200—7400 *m* existiert, so bleibt doch, bemerkt Prof. Krümmel, immerhin sehr bemerkenswert, dass diese Tiefe keine übermässig grosse Fläche beherrschen dürfte, nach Norden und Osten vielmehr sehr rasch in den relativ sehr schmalen zentralen Äquatorialrücken von stellenweise noch nicht halb so grosser Tiefe übergeht. Das Bodenrelief sieht danach aus, als wenn im Süden von diesem Rücken

[1]) Ann. der Hydrographie 1902. p. 391.

ein Bruchrand läge. Schon die Thatsache, dass gerade diese Gegend längst durch ihre Seebeben wohl bekannt und selbst vulkanischer Eruptionsthätigkeit verdächtig ist, würde mit der eben ausgesprochenen Deutung in Einklang sein. Nun aber berichtet Dr. Philippi über die aus 7230 *m* Tiefe heraufgeholte Grundprobe, dass sie, eine Säule von etwa 46 *cm* Höhe, in fünf deutlich abzugrenzende verschiedene Schichten zerfiel: zu oberst 13 *cm* gewöhnlicher roter Tiefseethon mit ziemlich groben Fragmenten vulkanischer Auswürflinge; dann 12 *cm* bräunlichgraue und fast 8 *cm* graubraune, deutlich gebänderte Schlickschichten; endlich 12 *cm* einer dunkelgrauen und zuletzt fast 2 *cm* einer hellgrauen Schicht, die allein etwas Kalk enthielt, während alle andern kalkfrei waren. Die mittlern Schlicksschichten erinnerten Dr. Philippi an küstennahe Sedimente, insbesondere an den sogenannten blauen Schlick der westafrikanischen Tropenküste; er schliesst aus der ganzen Probe, dass diese Bodenregion »in junger Zeit tiefgreifende Änderungen erfahren«, d. h. der Meeresboden unter vulkanischen Ausbrüchen eine starke Absenkung erlitten hat. Sind die untersten kalkhaltigen Schichten etwa ein Derivat des Globigerinenschlammes, so ist dieser Senkung eine Hebung vorangegangen. Die Grundprobe der Lotung XXIX bestand in ihrer ganzen Säule von 69 *cm* Höhe überwiegend aus feinem Quarzsande mit nur spärlich beigemengtem vulkanischen Materiale oder Kalk, in den tiefern Teilen mit etwas mehr thonigen Beimengungen.«

Bezüglich der Temperatur- und Salzgehaltsbestimmungen in der Tiefe bemerkt Dr. Krümmel: »Die Beobachtungen bestätigen von neuem die lange bekannten Grundzüge in der Wärmeschichtung der Tropen- und Subtropenmeere. Nach den mitgeteilten Proben ist, wenn man von den Temperaturen der obersten überall klimatisch stark beeinflussten Schicht absieht, diese Schichtung im Brasilianischen Becken und im Nordteile der Kapmulde in den Grundzügen ganz gleich: erst rascher Abfall der Temperatur bis in 800 oder 900 *m* Tiefe, wo 3—4° herrschen, dann ganz ausserordentlich verlangsamte weitere Abnahme bis zum Grunde in 4000 oder 5000 *m*. Das sind Zustände, wie sie G. Schott kürzlich noch in besonders klarer Weise in seinem Berichte über die »Valdivia«-Expedition dargestellt hat. Neu aber, und bisher allen Tiefseeexpeditionen entgangen, ist der Grundzug in der Salzgehaltsschichtung des Südatlantischen Ozeanes. Das südatlantische Salzgehaltsmaximum von mehr als 36‰ beherrscht nur die obersten 100 *m*, was schon J. Y. Buchanan als ein Ergebnis der »Challenger«-Expedition gefunden hat; der Salzgehalt nimmt aber noch weiter ab, sinkt in 300—400 *m* Tiefe unter den normal ozeanischen von 35‰, bis er in 800 *m* sein Minimum mit 34.3—34.4‰ erreicht; dann folgt wieder eine Vermehrung des Salzgehaltes bis 1500 *m* Tiefe, wo ein zweites Maximum von etwa 34,75‰ liegt, und endlich erneute ganz langsame Abnahme oder Konstanz bis zum Boden mit 34.70‰. In der Hauptsache liegt

also eine dichohaline Salzgehaltsschichtung vor. Diese durchaus neue Thatsache, die übrigens einstweilen nur für den Südatlantischen Ozean erwiesen ist, giebt dem Ozeanographen, der sie erklären will, eine harte Nuss zu knacken. Der niedrigste Salzgehalt von 34.35°/₀₀ ist kombiniert mit einer Temperatur von etwa 4°; beide Merkmale zusammen dürften nur in den höhern südatlantischen Breiten jenseits 45° Süd an der Oberfläche vorkommen. Zu einer annehmbaren Erklärung fehlt uns übrigens zur Zeit noch die Kenntnis vom Stickstoffgehalte der in diesen tiefen Wasserschichten absorbierten Luft; Proben davon sind jedenfalls an Bord der »Gauss« gesammelt und werden es später ermöglichen, die Temperatur, bei der diese Luft vom Wasser absorbiert wurde, namhaft zu machen, wodurch dann ein ziemlich exakter Anhaltspunkt für die Abkunft dieser interessanten Wasserschicht zu erhalten sein wird. Diese Thatsache enthüllt zu haben, ist aber bereits eine der wesentlichsten Leistungen, auf welche die deutsche Südpolarexpedition als Ergebnis ihrer ozeanographischen Thätigkeit hinweisen darf.«

Grundproben aus dem Atlantischen Ozeane hat die deutsche Südpolarexpedition auf ihrer Ausreise bis Kapstadt wiederholt gewonnen.[1]) Dieselben entstammen Tiefen von 3165—7230 *m*. Von ihnen gehören elf dem Globigerinenschlamme und fünf dem roten Thone an, zwei stellen einen Übergang zwischen beiden Ablagerungen dar, und eine musste als thoniger Sand bezeichnet werden. Die Durchschnittstiefe des Globigerinenschlammes betrug 3850 *m*, die des roten Thones 6000 *m*, die beiden Übergangssedimente stammten aus Tiefen von 4630 und 5281 *m*, und endlich der thonige Sand aus 4957 *m* Tiefe.

Diese Lotungen der »Gauss« im Südatlantik sind geeignet, die Darstellung in den »Deep Sea Deposits« des Challenger Reports in einigen Punkten zu ergänzen. Als neu erscheint der »rote Thon« der unter dem Äquator gefundenen Tiefe, ob er mit dem Bezirke des roten Thones im Brasilianischen Becken in Verbindung steht, bleibt noch nachzuweisen. Völlig neu ist ferner das sandige Sediment am Ostrande der Kapmulde. Im Brasilianischen Becken scheint die nach Osten geöffnete Einbuchtung des roten Thones zwischen 8 und 18° s. Br., die J. Murray angiebt, nicht zu existieren. In allen übrigen Punkten lassen sich die Resultate der bisherigen »Gauss«-Lotungen, soweit sie die Grundproben betreffen, gut mit den Angaben des Challenger Reports in Einklang setzen.

Die Grenzlinien der Sichtbarkeit des Landes im Mittelländischen Meere. Wenn man auf dem Meere sich vom Festlande entfernt, so sinken die Gestade des letztern infolge der Kugelgestalt der Erde allmählich unter den Horizont, nur die obern Teile etwaiger Gebirge bleiben vom Schiffe aus sichtbar, und zuletzt verschwinden auch die höchsten Gipfel hinter der Trennungslinie von Himmel und Meer. Erst von diesem Punkte an beginnt die offene

[1]) Veröff. des Inst. für Meereskunde v. Richthofen 1902. Heft 1. p. 50.

See, der ungehinderte Meereshorizont. Abgesehen von den Sichtbarkeitskreisen um Leuchttürme, die man auf Seekarten findet, ist eine kartographische Darstellung des Verlaufes der Linie auf dem Meere, welche die Grenze der Sichtbarkeit der höchsten Landmarken bezeichnet, nicht vorhanden. Dr. L. Henkel hat indessen jüngst den Verlauf dieser Linie für das Mittelländische Meer berechnet und auf einer Karte dargestellt, die in Petermanns Mitteilungen erschienen ist. Diese Karte ist von aussergewöhnlichem Interesse, besonders, wenn man sie in Beziehung bringt zur Entwickelung der Schiffahrt von den ersten Anfängen im Altertume an. Die Gebiete, in denen auf dem Mittelländischen Meere kein Land gesehen wird, sind sehr erheblich. Eine zusammenhängende Fläche dieser Art erstreckt sich von der Levantischen See bis zur kleinen Syrte, und sie hat ihre grösste Breite zwischen der grossen Syrte und dem Jonischen Meere. Eine kleine Fläche mit völligem Wasserhorizonte befindet sich auch im Zentrum des Tyrrhenischen Meeres und eine zweite grössere zwischen der Insel Sardinien und den Balearen. Bei diesen Bestimmungen hat Dr. Henkel freilich nur die geometrischen Verhältnisse, welche aus der Kugelgestalt der Erde und der Höhe der Festlandspitzen hervorgehen, berücksichtigt; in Wirklichkeit kommt auch noch die Strahlenbrechung hinzu, infolge deren Teile der Erdoberfläche, die wirklich unter dem Horizonte liegen, optisch über denselben gehoben, d. h. einem Auge auf dem Meere selbst sichtbar gemacht werden. Dadurch werden die Flächen der völligen Unsichtbarkeit des Landes natürlich kleiner. Im ganzen Adriatischen Meere giebt es keinen Punkt, von welchem aus man nicht wenigstens eine Landspitze sähe, und in noch höherem Grade ist dies bei dem Ägäischen Meere der Fall, dem klassischen Gebiete der Küstenschiffahrt. »Der karthagische Schiffer verlor bei der Fahrt nach Sardinien wie nach Sicilien das Land nicht aus dem Gesichte. Auch die römischen Konsuln, die im Jahre 253 v. Chr. gegen den Rat ihrer Piloten die verhängnisvolle Fahrt von Panormos durch das offene Meer nach der italienischen Küste machten, blieben dabei wohl innerhalb der Sichtweite des Landes.« Auf dem Schwarzen Meere verursachen die hohen Gebirge im Osten und Südosten, dass dort weithin Land sichtbar bleibt, dagegen hat ein grosser Teil der westlichen Hälfte des Pontus vollen Wasserhorizont, ebenso das kleine Asowsche Meer wegen seiner flachen Umgebung.

Die Wärmeverteilung in dem Wasser der südpolaren Meere auf Grund der Beobachtungen der »Valdivia« behandelte Dr. Gerhard Schott.[1])

1. Oberflächentemperaturen im Südatlantischen und Indischen Ozeane. Schon südwärts von 50°, ja von 45° s. Br. sind im Indischen Ozeane nicht mehr aus allen Monaten des Jahres Bestimmungen der Temperatur des Oberflächenwassers vorhanden; es lässt sich eben noch

[1]) Ann. d. Hydrographie 1902. p. 215.

sagen, dass auf ungefähr 48° s. Br. die Jahresisotherme von 5° zu liegen scheint. Je weiter nach Süden, desto mehr beschränken sich die Beobachtungen auf solche im südlichen Frühjahre und Sommer. Die Einzelbeobachtungen der »Valdivia« und diejenigen der »Challenger« sind die einzigen längern und zuverlässigen Reihen von Messungen in den letzten Jahrzehnten aus dem antarktischen Meere des Indischen Ozeanes. — Die »Valdivia«-Beobachtungen ergeben folgendes Bild von den Wassertemperaturen im antarktischen Frühlinge (November und Dezember) 1898.

Von 45° s. Br. ab fiel der Salzgehalt zum erstenmal auf 34‰ und weniger, somit auf den Betrag, der für die ganze Eismeerfahrt im Mittel gilt (33.6—33.8‰). Es ist dieser Grenzwert von 34.0‰ auch von Pettersson und andern Ozeanographen im arktischen Meere zur Trennung des nordpolaren Stromwassers vom nordatlantischen Mischwasser benutzt; dort liegen in dieser Beziehung die Verhältnisse also ganz ähnlich. Man kann daher sagen, dass, da zugleich die Wasserwärme ziemlich gleichmässig, aber stark sank, unter mindestens 50° s. Br. am 22. November mit 2.5°, wenn nicht schon unter 47° s. Br. am 20. November mit etwa 5.5° rein polares Wasser unter den Längen der Bouvetgegend an der Oberfläche vorhanden war. Im Osten, bei der Fahrt nordwärts nach Kerguelen, war die Grenze deutlicher markiert, sie wurde am 31. Dezember unter 46° s. Br. überschritten, als die Temperatur innerhalb 8 Stunden von 4.5 auf 9.4° und der Salzgehalt von 33.7 auf 34.3‰ stieg.

Unter 53° s. Br. war in der Bouvetgegend die Temperatur bereits auf 0° herabgegangen, eine Temperatur, die im Osten auf der Kerguelenseite erst unter 60° s. Br. herrschte, so dass schon hierdurch auf die thermische Begünstigung des letztgenannten Eismeergebietes und die Benachteiligung des erstgenannten ein Licht fällt. Als die »Valdivia« in der Nähe der Bouvetinsel dem ersten Eise begegnete, fand sich zeitweise nur noch —1°; das am 1., 2., 3. und 16. Dezember erreichte Minimum ist —1.8°, ein Temperaturwert, der sowohl kurz nach dem Verlassen der Bouvetgegend unter 56° s. Br. als auch 8 Breitengrade südlicher, in 64° s. Br. vor Enderbyland, gemessen wurde; es fiel ungefähr mit dem jeweiligen, besonders starken Auftreten von Treibeis und Eisbergen zusammen, was nach den grundlegenden Untersuchungen und Beobachtungen von Pettersson und Buchanan über die bei dem Schmelzen von Eis in Seewasser auftretenden Temperaturen und Salzlösungen durchaus erklärlich ist. Während der Zeit, in welcher die »Valdivia« im Eismeere fuhr, zeigte die Oberfläche des Meeres im grossen Durchschnitte —1.0° Wasserwärme, und die Temperatur nahm deutlich zu bis auf —0.5°, ja 0.0°, wenn das Schiff aus dem Eise ganz oder fast ganz heraus war.

Eine regelmässige tägliche Periode der Oberflächentemperaturen des Wassers im Eismeere ist daher nicht bemerkbar, bei dem ewig bedeckten, mit schweren Schneewolken erfüllten Himmel ist eine solche auch um so weniger zu erwarten, als die Sonne tief steht, und die Nacht kurz ist.

Wenn man die von der »Valdivia« gemessenen Temperaturen des antarktischen Oberflächenwassers überblickt, so muss mit Rücksicht auf die in Frage kommenden geographischen Breiten das Wasser der gesamten Bouvetregion abnorm kalt erscheinen: Temperaturen von 0° und beträchtlich darunter auf einer der geographischen Lage von Hamburg entsprechenden Breite im südlichen Frühlinge oder Sommer! Gewiss findet man zur Zeit des nördlichen Frühlings an der Küste von Neufundland unter gleicher Breite auch Wassertemperaturen von 0°, aber doch nur in ganz schmaler Zone von etwa 100—150 *km* Breite, und im Sommer herrschen daselbst Wärmegrade von über 5°. In der Bouvetgegend handelt es sich aber nicht um eine lokale, durch einen kalten Triftstrom oder Eisstrom genügend erklärbare Erscheinung, sondern um den klimatischen Charakterzug einer über Tausende von Kilometern sich erstreckenden Meeresgegend, und es kann kaum ein Zweifel bestehen, dass man zur Erklärung dieses Verhältnisses

die Erforschung der noch unbekannten Verteilung des Festlandes und Meeres, sowie der Wind- und Wasserbewegungen abwarten muss.

Gerade bei der Bouvetinsel ist die negative Anomalie der Temperatur sehr gross. Denn östlich von der Bouvetregion kann bereits für die Längen von Kerguelen (im Dezember) eine Wassertemperatur von 2° für die Bouvetbreite angesetzt werden, und südlich von Australien fehlen zwar direkte Schiffsbeobachtungen von dieser Breite, doch darf aus den Isothermen des 50. Parallelkreises mit grosser Wahrscheinlichkeit auf 4° Wasserwärme geschlossen werden. Westlich von der Bouvetregion ist die Zunahme der Wasserwärme im Vergleiche zur Bouvetinsel noch beträchtlicher. Das Novembermittel der Wassertemperatur an der Küste von Südgeorgien beträgt, wie wir durch die sorgfältigen Messungen der deutschen Expedition im internationalen Polarjahre 1882/83 wissen, 2.2°, und von der Gegend des Kap Horn stehen uns zahlreiche Schiffsbeobachtungen zur Verfügung, welche für November, den Monat der »Valdivia«-Reise, auf der Breite der Bouvetinsel über 5°, bei Stateninsel 5° und auf 60° s. Br. noch 3.8° ergeben.

2. Antarktische Tiefseetemperaturen. Dr. Schott giebt umstehende Tabelle (S. 258) über Temperatur, Salzgehalt und Dichtigkeit des Tiefseewassers des südpolaren Meeres, der zum Vergleiche auch ein Beispiel aus dem nördlichen Eismeere beigefügt ist.

Lässt man, sagt Dr. Schott, die Wärmeverhältnisse in der Nähe des Meeresgrundes ausser Acht, so erkennt man, dass die vertikale Temperaturverteilung in den Reihen I und IV einander ähnlich ist, sie ist dichothermen Charakters, indem oben relativ warmes Wasser sich befindet, dann eine kalte Schicht folgt, welche wieder von wärmerem Wasser unterlagert wird; andererseits sind die Reihen II, III, V und VI untereinander vergleichbar, sie zeigen eine kathotherme Schichtung, da die obersten Wassermassen vergleichsweise kalt, die darunter befindlichen warm sind. Die Reihen I—IV sind sämtlich in der Nähe des 60. südlichen Breitengrades gewonnen, sie sind in der Aufeinanderfolge von Westen nach Osten angeordnet und geben unmittelbar die geographischen Verschiedenheiten dieses Meeresstriches unter den verschiedenen Längen an; Reihe V mit rund 70° s. Br. und VI mit über 80° n. Br. liegen wesentlich weiter polwärts.

Unter diesen Umständen wird die vergleichsweise ausserordentliche Kälte der gesamten Wassermassen in der Bouvetregion deutlich. Die grosse negative Temperaturanomalie der Oberfläche wurde bereits nachdrücklich hervorgehoben. Aus der »Valdivia«-Reihe (No. II) lernen wir nun, dass die abnorm niedrigen Wassertemperaturen der Bouvetgegend bis zum Meeresgrunde in ihren Wirkungen verfolgbar bleiben; unter den 4 Temperaturserien auf rund 60° s. Br. ist innerhalb der Reihe II in fast jedem Niveau das Wasser am kältesten, dies gilt sowohl von dem Wasser über 0°, wie von demjenigen unter 0°.

Südlich vom Kap Horn ist warmes Wasser bis 50 *m* Tiefe vorhanden, und die kalte Zwischenschicht ist nur rund 75 *m* mächtig, bei Terminationland ist die oberste warme Schicht 25 *m* mächtig, die kalte gar nur 50 *m*; in der Nähe der Bouvetinsel aber bis nach Enderbyland fehlt die oberste warme Schicht gänzlich, und das kalte Oberwasser erreicht eine Mächtigkeit von 150, bezw. 100 *m*; endlich steigt in dem warmen Unterstrome die Wasserwärme in den Reihen I, III und IV mindestens bis auf + 1.7°, nur in dem Profile der Bouvetgegend ist + 0.8° das Maximum innerhalb dieser warmen Unterströmung. Dazu muss noch bedacht werden, dass gerade die Bouvetstation unter den vier ersten Stationen die am weitesten zum Äquator vorgeschobene ist, wodurch die augenfälligen Gegensätze noch weiter verschärft werden.

So kommt es, dass die Temperaturreihe der Bouvetgegend auf 56° s. Br. ähnlich ist der Reihe V auf 70° s. Br. im Stillen Ozeane, ja sogar der Nansenschen Reihe von 82° n. Br. vergleichbar bleibt! Diese Angaben lassen einen ungefähren Rückschluss auf die Grösse und die Ausdehnung der enorm mächtigen, abkühlenden Einflüsse zu, die in der Bouvetgegend und polwärts davon eine Rolle spielen müssen.

Reihen-No.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	II. + III.	IV.	VI.	II. + III.	IV.	VI.
							Indischer Ozean			Indischer Ozean		
Gegend	Kap Horn	Bouvet-Insel	Enderby-Land	Terminat.-Land	Stiller Ozean	Nördliches Eismeer	Westl. Teil	Östl. Teil	Nördl. Eismeer	Westl. Teil	Östl. Teil	Nördliches Eismeer
Schiff Station	„Belgica" No. 6	„Valdivia" No. 135+137	„Valdivia" No. 149—153	„Challenger" No. 152	„Belgica" ?	„Fram" (16)	„Valdivia" 135—153	„Challenger" 152—156	„Fram" (16)	„Valdivia" 135—153	„Challenger" 152—156	„Fram" (16)
Datum	19. I. 1898	2.—3. XII. 1898	15.—18. XII. 1898	1. II. 1874	20. II. 1899	22.—27. VI. 1894	XII. 1898	II. 1874	VI. 1894	XII. 1898	II. 1874	VI. 1894
Breite	61° 5' S	56° S	62—63° S	60° 52' S	70° 30' S	81° 40' N	etwa 60° S	60° 52' S	81° 40' N	etwa 60° S	60° 52' S	81° 40' N
Länge	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	94° 12' W	121° O	20—40° O	80° 20' O	121° O	20—40° O	80° 20' O	121° O

Die Station der »Valdivia« vor Enderbyland nimmt eine vermittelnde Stellung zwischen der Bouvetstation und der Terminationstation ein; Reihe III ermangelt zwar noch der warmen Oberschicht, aber die untere Grenze des kalten Oberwassers ist etwa 50 *m* der Oberfläche näher als bei der Bouvetgegend, auch zeigt hier der warme Unterstrom höhere Temperaturen als derjenige der Bouvetgegend.

Betrachtet man dagegen Reihe I und IV, so stellt die hier auftretende oberste, 25—50 *m* mächtige Schicht mit Wärmegraden über 0° ganz zweifellos ein Element vor, das mit den eigentlichen antarktischen oder überhaupt polaren Verhältnissen nichts zu thun hat, im Gegenteil, hierin sind die Reste oder letzten Ausläufer von Oberflächenströmungen zu erblicken, deren Verlauf im einzelnen nicht näher bekannt ist, die aber jedenfalls von niedrigern Breiten polwärts, in unserem Falle nach Süden vordringen. Der vergleichsweise geringere Salzgehalt der »Challenger«-Stationen ist allerdings durch die Beimengungen von Schmelzwasser des Treibeises und Packeises zu erklären, aber dass das Wasser trotzdem nicht lokal oder zeitlich vorübergehend erwärmtes Polarwasser sein kann, dafür ist die bis auf 50, bezw. 25 *m* Tiefe sich ausdehnende Erwärmung ein Beweis, die in diesen Breiten nur in wirklichen Oberflächenströmungen ihren Ursprung haben kann; und wie sich die Insolationswirkung an der Oberfläche in polaren Meeren äussert, zeigt die Reihe VI der »Fram«. Ausserdem ist ja auch, was Reihe IV bei Terminationland betrifft, bekannt, dass man hier seit Neumayers Arbeiten aus der relativen Eisfreiheit der Gegend und aus andern Gründen eine südöstlich setzende Oberflächentrift vermutet; am Kap Horn mag Wasser aus niedrigern Breiten des Stillen Ozeanes südwärts gelangen.

Kurzum, man ist wohl berechtigt, bei der Reihe I und IV den obersten, anothermen Teil in Gedanken zu streichen; man erhält dann für die Besprechung der Wärmeverteilung in der antarktischen Tiefsee fünf untereinander generell ähnliche Reihen (I—V) mit katothermer Schichtung: für diese Schichtung eine eingehende Erklärung aber zu geben, ist nach den Arbeiten Buchanans und zumal Petterssons unnötig; dieses Thema ist Allgemeingut bis in unsere Lehrbücher hinein geworden. Es sei nur gestattet, auf folgende Punkte kurz hinzuweisen.

Wenn man in der Tabelle mit den Temperaturreihen auch die neben stehenden Reihen der Salzgehalte vergleicht, so wird man finden, dass auf den Stationen der »Valdivia« und des »Challenger« an der südpolaren Eisgrenze der grosse Sprung der Salinität, welcher den Unterschied gegenüber den Oberflächenverhältnissen herbeiführt, beide Male in rund 100 *m* Tiefe liegt; wennschon das Maximum des Salzgehaltes erst in 400 *m* Tiefe, stellenweise vielleicht sogar erst in 1500 — was aber zweifelhaft ist — erreicht wird, so ist doch eine Salinität von über 34.25‰ bei der geographischen Verteilung der Salzgehalte der Oberfläche ein unverkennbares Zeichen dafür, dass bedeutende Wassermengen von dem salzreichen Unterstrome in dem betreffenden Niveau von 100 *m* vorhanden sein müssen, selbst wenn die Temperatur noch unter 0° liegen sollte. Es ist verständlich, dass bei dem Prozesse der Eisschmelze sowohl wie bei den konvektiven Bewegungen, von welchen gleich die Rede sein soll, eine weitgehende Durchmischung von Oberflächenwasser und Tiefenwasser die Folge sein muss, dass daher weder die Temperatur, noch der Salzgehalt eine klare, eindeutige Scheidegrenze beider Wasserarten werden zu erkennen geben.

Interessant sind dabei die Zahlen der »Fram«-Station vom nordpolaren Eismeerbecken. Den obersten 50 *m* ist eine beträchtlich grössere Ansüssung des Meerwassers eigentümlich, aber bereits in 75 *m* Tiefe ist mit genau 34.00‰ die Übereinstimmung mit den südpolaren Werten eine vollkommene, eine Übereinstimmung, welche in grössern Tiefen von 300—1500 *m* sogar von einem kleinen, aber sehr charakteristischen Überschuss an Salzgehalt zu Gunsten des nordpolaren Meeres abgelöst wird. Dieser grössere Salzgehalt der warmen Mittelschicht, bei dessen Abschätzung man auch die

beträchtlich höhere geographische Breite der »Fram«-Station nicht vergessen wolle, darf als ein neuer Beweis für die oft konstatierte Thatsache gelten, dass im Nordatlantischen Ozeane fast alle Vorgänge, zumal auch diejenigen der Vertikalzirkulationen, der Strömungen u. s. w., immer ihre jeweilige grösste Intensität erreichen. Im vorliegenden Falle ist das warme Tiefenwasser der Golfstromtrift in besonders kräftigem Vordringen von niedern Breiten her begriffen; der Umstand, dass auf gleicher Breite der Salzgehalt des Wassers der Nordhalbkugel schon an der Oberfläche meist etwas höher ist als derjenige auf der südlichen Halbkugel, kommt hinzu.

In den Reihen der Tabelle, welche der Dichte des Meerwassers gewidmet sind, ist zwar eine Korrektion für den Tiefendruck nicht angebracht, aber es ist gleichwohl aus ihnen ersichtlich, dass nicht durchweg ein stabiles Gleichgewicht zwischen den einzelnen Schichten besteht; der Satz gilt auch von der nordpolaren Reihe. Es wird hierdurch die Neigung zu konvektiven Ausgleichsbewegungen angedeutet. Ich möchte nämlich annehmen, dass das Vorhandensein des Eises allein die katotherme Temperaturverteilung nicht zur Folge hat.

Gewiss veranlasst der an der Grenze der Eismeere vor sich gehende Schmelzprozess ein Sinken der Temperatur zunächst des Tiefenwassers, dann auch desjenigen der Oberfläche; ich glaube jedoch nicht, dass man lediglich durch diese mit dem Eise zusammenhängenden Vorgänge in genügender Weise die vertikale Temperaturverteilung der antarktischen Tiefsee erklärt. Auch der Einfluss der direkten Wärmeleitung, sowie der Konvektionsbewegungen, ähnlich denen, die die Entstehung der Sprungschicht in den Binnenseen herbeiführen, muss herangezogen werden; die Kältegrade der Luft in den polaren Gegenden müssen als primärer Faktor abkühlend wirken, und diese Abkühlung kann, entsprechend dem Gefrierpunkte des Seewassers, bis auf — 1° und darunter vorschreiten, ohne dass Eisbildung eintritt; zugleich werden die abgekühlten Partikelchen vermöge ihrer Schwere untersinken und andere, etwas wärmere, leichtere Teilchen zum Aufsteigen veranlassen, ein Vorgang, der hier in Seewasser auch bei Temperaturen unter 4° und unter 0° möglich ist, da ja das Dichtigkeitsmaximum von Seewasser mit rund 35°/₀₀ Salzgehalt noch tiefer liegt als der Gefrierpunkt. Dies Absinken der kalten Wasserteilchen würde bis zum Meeresboden sich erstrecken können, wenn nicht die Zwischenschicht des salzreichen, extrapolaren Stromes vorhanden wäre, es wird daher nur bis in diejenige Tiefe reichen, in welcher das spezifische Gewicht gleich demjenigen des zwar warmen, aber relativ sehr salzreichen Unterstromwassers wird: so wird die kalte, obere Wasserschicht oft unmittelbar auf der warmen auflagern wie auf einer festen Unterlage, und es wird bis zu einem gewissen Grade zur Ausbildung einer Sprungschicht kommen können.

Dass die Eisschmelze allein für die Temperaturen der obern eiskalten Wasserschicht nicht ausschlaggebend sein kann, wird auch aus einem Vergleiche der untern Grenze des kalten Wassers an den verschiedenen Stationen ersichtlich. Offenbar spielen doch im Südlichen Eismeere die Eisberge eine vorherrschende Rolle, der gegenüber das Meerwassereis zurücktritt, während in dem Nördlichen Eismeere das Packeis oder Meerwassereis überwiegt. Die Eisriesen des Südpolarmeeres reichen wohl bis 400, ja 500 *m* Tiefe mit ihrem Fusse hinab, während das Packeis im Durchschnitte nur 7—10 *m* Tiefe gewinnen dürfte. Hiernach müsste man schliessen, dass, wenn das Eis allein massgebend wäre, in der Antarktis die unter 0° liegenden Wassertemperaturen beträchtlich tiefer hinab sich erstrecken als in der Arktis; in Wirklichkeit ist aber die Mächtigkeit des obern kalten Wassers in beiden Meeren ungefähr gleich, sie beträgt nämlich 100—150 *m*.

Diese Tiefe von rund 150 *m* giebt ungefähr die Grenze an, bis zu welcher die eben geschilderten Konvektionsbewegungen hinabreichen.

Ferner hat die »Valdivia«-Expedition bei der Bouvetinsel nicht diejenige Menge und diejenige Grösse der Eisberge beobachtet, die vor Enderbyland reichlich 8 Breitengrade südlicher zur Beobachtung kamen: gleichwohl lag

vor Enderbyland die untere Grenze der Kaltwasserschicht schon in 100 *m*, bei der Bouvetinsel erst in 150 *m* Tiefe. Man wird aus allen diesen Einzelheiten entnehmen müssen, dass man nicht mit den kurzgefassten Worten: »die Eisschmelze verursacht die katotherme Schichtung«, den ganzen Komplex der Erscheinungen nach Ursache und Wirkung fasst, dass vielmehr auch im Eismeere, vom Eise abgesehen, die Wärmeleitung und damit zusammenhängende konvektive Bewegungen bei der Ausgestaltung der Temperaturverteilung in hervorragendem Masse mitwirken.

Die Wirkung, welche das treibende Eis auf die Temperatur speziell der Meeresoberfläche ausübt, wird je nach der Anfangstemperatur und dem Salzgehalte des Meerwassers, sowie je nach der Natur des Eises (Meereis, Süsswassereis) verschieden sein müssen. Dass da, wo das bei — 2.5° schmelzende Meerwassereis, im besondern also das wirkliche Packeis beider polarer Zonen, in gewaltigen Feldern auftritt, die Wassertemperatur bis auf — 1° und darunter herabgedrückt werden kann, ist nur natürlich. Dass aber auch durch Süsswassereis, also durch Gletscherreste oder Eisberge, die Temperatur von Seewasser auf Grade unter Null, den sonstigen Schmelzpunkt des Süsswassereises, abgekühlt werden kann, wäre nicht anzunehmen, wenn es nicht durch experimentelle Beobachtungen über allem Zweifel sicher wäre, und zwar ist die Temperatur, welche bei dem Schmelzen von Süsswassereis in Seewasser entsteht, für ozeanischen Salzgehalt nahezu konstant — 1.8°. Natürlich gilt dies nur für Meeresgegenden, denen der Charakter eines wirklichen Eismeeres zukommt. Aber auch da darf man sich den thermischen Wirkungsbereich eines noch so gewaltigen Schmelzprozesses nicht zu gross vorstellen. Das Mischungsprodukt, welches aus dem wärmern, salzreichen Seewasser und dem kältern, leichten Schmelzwasser des Eisberges rund um dessen Fuss in der Tiefe entsteht, unterliegt seinerseits bei dem Aufsteigen zur Oberfläche noch wieder einer weitgehenden Vermischung mit Oberflächenwasser, welches an sich schon Temperaturen unter 0° aufweisen kann, so dass es schwer ist, den Einfluss der Eisschmelze an solcher zu begrenzen. Ist es doch auch in den Gewässern, die von der Seeschiffahrt regelmässig befahren werden, bisher nicht gelungen, eine messbare abkühlende Wirkung der Eisberge auf nur mässig grosse Entfernungen selbst in vergleichsweise hohen Temperaturen festzustellen, so dass sich aus fleissigen Messungen der Wasserwärme für die Navigierung in diesen Gewässern eine Warnung vor Eisgefahr leider nicht erhoffen lässt.

Wenn man sich die ausserordentlich grosse Wärmekapazität des Wassers vergegenwärtigt, die grösser ist als diejenige der festen Körper, und man sich klar macht, welche ganz gewaltigen Wärmemengen dem Meerwasser bei seinem geringen Leitungsvermögen entzogen werden müssen, um die Temperatur nur um $^1/_{10}$° auf weite Strecken hin in direkter Wirkung zu erniedrigen, so erkennt man, dass in der Wirklichkeit der thermische Einfluss des Schmelzprozesses auf das Meerwasser der Oberfläche in ungemein engen Grenzen sich halten muss. Pettersson, welcher die rein mechanischen Vorgänge bei dem Schmelzprozesse von Meereis im atlantischen Wasser mit Hinsicht auf die dabei entwickelten Energiemengen untersucht hat, nimmt schätzungsweise an, dass das Wasser des isländischen Polarstromes zu $^{17}/_{18}$ aus atlantischem Wasser und nur zu $^1/_{18}$ aus Schmelzwasser bestehe. Diese Überlegungen bildeten auch eine Ursache, weshalb vom Verf. bei der Erklärung der antarktischen, unmittelbar unter der Oberfläche herrschenden Wassertemperaturen die Einwirkung der polaren Lufttemperaturen nachdrücklich betont wurde. Derselbe Gesichtspunkt verbietet es auch schliesslich, anzunehmen, dass Schmelzwasser, welches von der Oberfläche der Eisberge selbst, an den Gehängen derselben, oft in vergleichsweise grossen Mengen herabstürzt, einen nennenswerten erwärmenden Einfluss auf die Temperaturen der Meeresoberfläche gewinnt, wenn letztere an sich unter 0° liegt. Es ist nur die theoretische Möglichkeit einer Erwärmung zuzugeben.“

Quellen und Höhlen.

Die Quellen des Kantons Aargau. F. Mühlberg hat auf Grund sehr umfassender, mit Hilfe zahlreicher Einwohner durchgeführter Aufnahmen das Material zur Herstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau zusammengebracht, über das er vorläufig berichtet.[1]) Hiernach besitzt der 1404 *qkm* grosse Kanton Aargau in 248 Gemeinden 2977 ungefasste Quellen mit einer Minimal-Wasserführung von 186 527 Min.-Liter, 5484 gefasste Quellen mit minimal 68797 Min.-Liter, und 3974 Sodbrunnen.

Unterirdische Wasser in Westaustralien. In dem Bezirke von Eukla sind viele unterirdische Wasserbecken in 9—10 *m* Tiefe entdeckt worden. Zahlreiche Flüsse dieses Landgebietes verlieren sich im Boden, und es ist daher wahrscheinlich, dass sie das Wasser für jene unterirdische Becken liefern.[2])

Über das Wesen der heissen Quellen hat Prof. E. Suess auf der Naturforscherversammlung zu Karlsbad (1902) seine Anschauungen entwickelt, mit besonderer Berücksichtigung der Karlsbader Thermen. Er betonte wie nach den ältern Vorstellungen die Thermen durch einsickernde Tagwasser, die in der Tiefe die Temperatur des Erdinnern annehmen, gespeist werden und dem Gesteine durch Lösung ihre festen Bestandteile entnehmen. Indessen erklärten F. v. Hauer, F. v. Hochstetter und H. Wolf, dass sie auch nicht einmal annähernd das Infiltrationsgebiet der Karlsbader Thermen in dem ausgedehnten vorherrschend granitischen Grundgebirge anzugeben vermöchten. G. Laube erklärte es für rätselhaft, woher die Menge des kohlensauren Kalkes in der Sprudelschale und die Wassermasse des Sprudels überhaupt stamme; Ludwig und Mautner sprachen in Rücksicht auf die grosse Menge Natrium ihre Meinung dahin aus, dass die Karlsbader Thermen ihre festen Bestandteile aus tiefern Erdregionen unterhalb des Granits heraufbrächten. Auch bezüglich der Herkunft der Kohlensäure glaubte man, auf das Magma des Erdinnern zurückgreifen zu müssen. Prof. Suess unterscheidet zunächst nach älterem Vorgange zwei Klassen von Wasserquellen: vadose und juvenile; zur erstern rechnet er nicht nur die infiltrierenden Wasser, sondern geradezu alle Teile der Hydrosphäre, zu den juvenilen dagegen solche, welche, als Wirkungen vulkanischer Thätigkeit aus dem Erdinnern kommend, an das Tageslicht treten. Es giebt vadose Wasser, die erwärmt in artesischen Brunnen aufsteigen, andere vadose Wasser dringen mit Kohlensäure beladen von Tag aus in die oberen Horizonte der Erzgänge und veranlassen durch Lösung und Niederschlag dort Umlagerung der mineralischen Substanzen. Es giebt ferner vadose Chlor-, Schwefel-, Brom- und Jodverbindungen

---

[1]) Mittl. d. Aargauischen Naturforsch. Gesellschaft 1901. 9.
[2]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1902. 2. p. 175.

in dem Ozeane und den Salzablagerungen; vados endlich ist der Schwefelwasserstoff, der unter dem Einflusse von Bakterien abgeschieden in den Tiefen des Schwarzen Meeres vorhanden ist. Die heissen, unter dem Namen Geysire bekannten Quellen pulsieren in ihrer Thätigkeit, indem Explosionen heissen Wassers mit Ruhezuständen abwechseln. Auch die Quellen von Karlsbad pulsieren, aber dieses Pulsieren ist weniger regelmässig, erfolgt in kürzern Zeiträumen, und seine Ursache ist eine andere als die der Geysire. Über dem Karlsbader Quellgebiete liegt die von zahlreichen Hohlräumen unterbrochene Sprudelschale. In diesen Hohlräumen sammelt sich das kohlensaure Gas an, bis es durch seinen Druck das heisse Wasser aufwärts treibt; so entstehen die Sprudelquellen. Artesische Wasser stehen unter konstantem hydrostatischem Drucke, sie fliessen daher gleichförmig; Siedequellen stehen nicht unter solchem Drucke, wenigstens würde man einen solchen für Karlsbad nicht zugeben können, hier ist der Druck der Kohlensäure die treibende Kraft. Die Wasser des Karlsbader Sprudels sind juvenile Wasser, und es ist völlig aussichtslos für diese Quellen an der Oberfläche ein Infiltrationsgebiet abgrenzen zu wollen, ebenso unzulässig ist es, die Tiefe ihres Ursprunges aus ihrer Temperatur abzuleiten; endlich ist es auch vergeblich, ihre Bestandteile aus der Beschaffenheit des Granites zu deuten. Das Erzgebirge, welchem seinem Baue nach auch der Granit von Karlsbad angehört, wird von zahlreichen Gängen oder Spalten durchschnitten, welche mit Quarz oder Hornstein, zum Teile auch mit den verschiedenen Erzen ausgefüllt sind, denen das Gebirge einst seinen Reichtum und heute noch seinen Namen verdankt. Bezüglich der Vulkane liegen zahlreiche Thatsachen vor, die beweisen, dass das eigentliche Agens der Eruption in dem Drucke des Wasserdampfes zu erblicken ist. Neben andern Thatsachen deuten die ausgeworfenen Schlammmassen, sowie die gleichzeitig mit der Lava ausgestossenen Wasserdämpfe hierauf hin. Wie bei den Quellen hat man auch in der Thätigkeit der Vulkane ganz regelmässige rhythmische Pulsationen beobachtet. Solche in regelmässigen Zeitabständen sich wiederholenden Ausstossungen von Gasen, Asche u. dergl. hatte Prof. Suess Gelegenheit, am Hauptkrater des Vesuv und an einem kleinen Nebenkrater, dem cratero parasitico, dieses Vulkanes im Jahre 1871 zu beobachten. Indessen ist es nicht das Eindringen des Meerwassers in die Tiefen, welches den Anlass zum Zustandekommen der Eruption giebt, sondern das Wasser, welches durch Überführung in Wasserdampf die Eruption herbeiführt, stammt nach Suess aus tiefen Schichten des Erdinnern und hat noch niemals die Oberfläche erreicht. Entgegen den ältern Anschauungen sind unsere heutigen Vulkanausbrüche als der Rest eines mächtigen Prozesses der Entgasung des Erdkörpers aufzufassen, eines Prozesses, der schon seit Jahrtausenden vor sich geht, ohne doch bis heute seinen Abschluss gefunden zu haben.

Schon vor 40 Jahren hat Hermann Müller in Freiburg mit genialem Blicke gewisse Beziehungen erkannt, welche zwischen den Erzgängen des sächsischen Erzgebirges und den heissen Quellen in Böhmen bestehen. Zur Auflösung der in den Erzgängen enthaltenen mineralischen Substanzen ist Wasser oder Wasserdampf von überaus hoher Temperatur notwendig, wie man sie nur in grossen Tiefen unter der Erdoberfläche annehmen kann. Die Zinnerzlagerstätten bezeichnen die heissesten Phasen der Gangbildungen; im Gegensatze zu ihnen sind als Vertreter der jüngsten Phasen in den zahlreichen Vorgängen, welche die heutigen Erzgänge schufen, die Thermen zu betrachten, die hier und da auf den Gängen erschrotet wurden. Die meisten dieser Quellen sind alkalisch und manchmal auffallend reich an Chlornatrium, ja, wir wundern uns über den Gehalt an Kochsalz, den die Karlsbader Quellen aus dem Granit zu Tage fördern. Die Alkalien sind aber in den Erzgängen nicht zur Ablagerung gelangt, nicht weil sie während der Bildung der Gänge gefehlt hätten, sondern wegen der grössern Löslichkeit. So zeigen uns die Erzgänge als Extreme auf einer Seite den zinnernen Hut und auf der andern Seite die von freier Kohlensäure begleiteten alkalinischen Thermen. Vadose Einflüsse fehlen in den obern Horizonten nicht, aber sie sind Nebenerscheinungen, und die alkalinischen Thermen der Gruben sind nur das Endglied einer Reihe von Vorgängen, welche ihre Ursache in der Tiefe des Erdkörpers haben. Karlsbad liegt auf dem Ausgehenden eines Ganges. Könnten wir alle Verhüllungen, alle Zu- und Überbauten entfernen und das Quellsystem samt seinen eigenen Absätzen nackt vor uns sehen, so würden wir wahrnehmen, dass es zweierlei Varietäten von Granit in gerader Linie durchschneidet. Auf einer gewissen Strecke ist es von eigenen Kalkabsätzen, der Sprudelschale, bedeckt, und Lagen der Sprudelschale sind auf dem Turmplatze noch 17 *m* über dem heutigen Sprudel von Knett beobachtet worden. In der Tiefe der ganzen Strecke aber sieht man einen ältern Absatz der Quelle, nämlich Hornstein, welcher zahlreiche Blöcke von Granit zu einer Breccie verbindet, ganz wie an den auch sonst trotz ihrer Armut an gelösten Stoffen vielfach verwandten Quellen von Plombières in den Vogesen. Die Beziehungen der Thermen zu den Erzgängen sind zugleich massgebend für die Beurteilung der chemischen Zusammensetzung. In neuerer Zeit ist von sachkundiger Seite der Versuch wiederholt worden, die Füllung der Erzgänge durch Auslaugung der Nachbargesteine zu erklären; indessen haben genaue Prüfungen gezeigt, dass die Füllung auf diesem Wege und ohne Zutrag aus der Tiefe nicht erklärt werden kann. Ähnlich verhält es sich mit den Thermen von Karlsbad. Am Vesuv konnte, als die heissen Auswürflinge sich mit sublimiertem Kochsalz bedeckten, Redner wegen der Nähe des Meeres anfänglich im Zweifel bleiben, ob das Kochsalz nicht aus einer marinen Infiltration stamme, aber hier, mitten im Festlande, findet man das Kochsalz wieder,

sowohl in Thermen, welche der Bergbau auf Erzgängen erschlossen hat, als auch in Karlsbad. Die aus der Tiefe stammenden Stoffe erscheinen in der Form der am leichtesten löslichen Verbindungen, während andere, leichter sich abscheidende, namentlich metallische Verbindungen, in der Tiefe zurückbleiben. Dieses ist die Bedeutung der Mengen von Glaubersalz, Soda und Kochsalz, welchen die Heilkraft unserer Quellen in erster Linie zugeschrieben wird. Die grosse Menge halbgebundener und freier Kohlensäure ist ohne Zweifel juvenilen Ursprunges, und wir wissen, dass sie einer späten Phase vulkanischer Emanation entspricht. Betrachtet man aber nicht die Verbindungen, sondern die Elemente, die in den Karlsbader Thermen vertreten sind, so zeigen sich auch die Anzeichen der andern Phasen. Chlor, Fluor, Bor und Phosphor sind aus der heissesten Phase anwesend, während die Metalle dieser Phase (Zinn, Wismut, Molybdän u. a.) fehlen. Schwefel ist vorhanden, daneben Selen und Thallium, Rubidium und Cäsium, die Begleiter der sulfidischen Vorkommnisse in verschiedenen Vulkanen, ebenso Arsen und Antimon, die gewöhnlichen Begleiter der sulfidischen Erze, und auch Zink als eine Spur der Erze selbst. Nun bleiben noch Natrium, Kalium und Lithium, Calcium, Magnesium und Strontium, Eisen und Mangan, Aluminium und Silicium, aber darunter ist kein Element, das nicht aus den Erzgängen ,und kaum eines, das nicht auch aus den Vulkanen bekannt wäre. Prof. Suess giebt nun eine Zusammenfassung. Die Temperatur der Gase, welche in den Vulkanen aufsteigen, steht dem Schmelzpunkte der meisten irdischen Gesteine nahe oder übersteigt ihn, diese Gase können daher nicht aus vadoser Infiltration hervorgehen. Die heissesten Fumarolen sind trocken; Wasserdampf und thermale Lösungen gehören nachfolgenden Phasen an. Der zinnerne Hut über sulfidischen Gängen des Erzgebirges entspricht der heissesten sublimierenden Phase solcher Thätigkeit; die andern Gangausfüllungen, namentlich auch die sulfidischen Erze, entsprechen spätern Phasen. Die Thermen, welche heute auf den Erzgängen erschrotet werden, sind ein Nachklang. Ein Nachklang vulkanischer Thätigkeit sind auch, wenigstens hier, die zahlreichen Ausströmungen freier Kohlensäure, wie sich bis nach Schlesien aus ihrer räumlichen Verbindung mit der grossen nordböhmischen Basaltzone ergiebt.

Im allgemeinen unterscheidet Prof. Suess fünf Gruppen von Quellen, nämlich 1. süsse Trinkquellen, gleichgültig ob Hoch- oder Tiefquellen, mit Temperatur des Bodens, wo sie zu Tage treten, Kalk und Magnesia als Hauptbestandteile enthaltend; sie werden zur Bewässerung unserer Städte benutzt. 2. Quellen mit ähnlicher Temperatur, aber von besonderem Mineralgehalte, so die Jodwasser von Hall, die Bitterwasser von Saidschütz und Püllna. 3. Wildbäder, mit wenigen gelösten Bestandteilen, sogenannte indifferente Thermen. 4. Juvenile Quellen mit den verschiedensten, aber von der Jahreszeit unabhängigen Temperaturen. 5. Siedequellen, den Übergang zu

der sogenannten strombolischen Phase der Vulkane bezeichnend. Das Wasser des Karlsbader Sprudels ist juveniles Wasser und bringt jährlich mehr als eine Million Kilogramm juvenilen Kochsalzes herauf. Der Ozean ist nicht mehr allein der abgebende, sondern auch der empfangende Teil, und auch die Atmosphäre empfängt juvenile Bereicherung durch die aus dem Boden entweichende Kohlensäure.

Höhlenforschungen in der Nähe von Mentone. In der Nachbarschaft dieser Stadt liegen mehrere Höhlen, die bereits früher interessante paläontologische und urgeschichtliche Ausbeute geliefert haben. Neuerdings sind dort die Nachgrabungen auf Anlass des Prinzen von Monaco durch den Abbé von Villeneuve wieder aufgenommen worden. Bei dieser Gelegenheit wurde eine als Grotte der Kinder bezeichnete und schon 1874—1875 oberflächlich erforschte Höhle bis auf den felsigen Boden blossgelegt. Damals hatte man dort die Skelette zweier jugendlichen Personen gefunden, jetzt entdeckte man in 1.9 *m* Tiefe ein drittes Skelett, dann in 7.05 *m* Tiefe ein riesenhaftes Skelett und zuletzt in 7.8 *m* Tiefe ein Grab mit zwei kleinen Skeletten. Von Tierknochen wurden solche des Hirsches, des Ochsen, des Pferdes und der Höhlenhyäne angetroffen. Das grosse Skelett gehört ohne Zweifel einem Menschen der vorgeschichtlichen Cro-Magnon-Rasse an, die beiden andern Skelette aber weichen davon typisch ab. Sie zeigen eine kleine Rasse, deren Typus bis jetzt in der Quartärformation noch nicht angetroffen worden ist, von 1.5—1.6 *m* Grösse, mit unsymmetrischem Kopfe, sehr langschädelig, mit negerähnlicher, sehr prognather unterer Gesichtsbildung und mit stark entwickelten obern Gliedmassen. Dieser offenbare Negertypus ist bis dahin noch niemals bei den vorgeschichtlichen Menschen des westlichen Europas angetroffen worden und steht zunächst völlig vereinzelt und rätselhaft da.

Flüsse.

Die Wasserverhältnisse der Zwickauer Mulde bis Zwickau sind von Prof. Dr. Schreiber untersucht worden,[1]) doch hebt derselbe hervor, dass die von ihm mitgeteilten Resultate nur als vorläufige anzusehen sind, und er mit der Publikation derselben nur bezweckt, seine Absichten bei diesen Arbeiten darzulegen.

Bereits 1898 waren zu Zwickau die Vorrichtungen angebracht, um an der Mulde (bei der Bierbrücke) ohne weiteres das Gefälle des Wasserspiegels und die Oberflächengeschwindigkeit des Flusses zu bestimmen. Die um das Ende des Jahres 1899 sich darbietenden starken Änderungen in der Wasserführung der Mulde gaben die Möglichkeit, eine Anzahl von Messungen zwischen + 18 und + 104 *cm* Stand des Pegels auszuführen.

Hierbei wurden alle die Arbeiten verwendet, welche von der königl. Wasserbaudirektion an dieser Stelle ausgeführt worden sind und sich in den »Hydrologischen Jahresberichten für die Elbe« publiziert vorfinden. Es wurden Tabellen und graphische Darstellungen hergestellt, aus denen man für jeden Pegelstand die in gegebener Zeit abfliessenden Wassermengen

[1]) Jahrbuch des kgl. sächs. meteorol. Instituts 17. 3. Abtl. Chemnitz 1902.

und die sonstigen hierbei in Frage kommenden Zahlen entnehmen kann. Darnach wurden dann nach den Pegelbeobachtungen vom Jahre 1872 an die täglich abgeflossenen und in Millimetern Abflusshöhe ausgedrückten Wassermengen bestimmt.

Das Niederschlagsgebiet umfasst bis zur Bierbrücke 1019 *qkm*. Fliesst also im Laufe des Tages eine Wassermenge ab, welche einem täglichen Niederschlage von 1 *mm* oder 1 Liter auf 1 *qkm* entspricht, so werden dies 1019 × 1000000 = 1019000 Liter = 1019000 *cbm*, oder 1.019 *cbhm* (1 *cbhm* = 1 Million *cbm*) sein. Im allgemeinen werden *s mm* Niederschlag beim vollen Abflusse in der Mulde bei Zwickau 1.019 *s cbhm* Wasser liefern, oder umgekehrt werden *w cbhm*· täglicher Abfluss: *s* = 0.981 *w mm* täglichem Niederschlage entsprechen. Weiter findet man, dass jeder Kubikmeter, welcher in einer Sekunde abfliesst, 0.0848 *mm* täglichem Niederschlage entspricht, also *q cbm/sec* auch 0.0848 *q mm*. Umgekehrt wird der Abfluss von 1 *mm* täglicher Niederschlagsmenge eine Wasserführung von 11.79 *cbm/sec* erzeugen. Aus den täglichen Abflusshöhen lassen sich durch einfache Addition die monatlichen und aus diesen die jährlichen Abflusshöhen ableiten. Alle diese Zahlen kann man direkt mit den Niederschlagsmessungen vergleichen. Um auch hierüber einen Überblick zu erhalten, wurden die Beobachtungen der sämtlichen im Gebiete der Mulde bis Zwickau liegenden Stationen zusammengestellt und vorläufig nur deren einfache Mittel als ein Mass der über dieses Gebiet gefallenen Wassermengen betrachtet.

Zunächst giebt Verf. eine Tabelle, welche die Tiefe des Wassers in Zentimetern, bei den verschiedenen Pegelständen über dem tiefsten Sohlenpunkte enthält. Bei dem tiefsten Wasserstande sind dies nur 40 *cm*, bei dem höchsten der beobachteten Stände aber nahezu 5 *m*. Die Breite des Wasserspiegels schwankt zwischen 36—90 *m*, ergiebt also für 1 *km* Länge des Flusses Flächen zwischen 3.6—9 *ha*. Die Grösse des Querschnittes des Wasserkörpers liegt zwischen 11 und 291 *qm*, das Volum. des Wassers im Flusse auf 1 *km* Länge mithin zwischen 0.011 und 0.291 *cbhm*. Die grösste dieser Mengen entspricht ungefähr einer Niederschlagsmenge von 3 Zehnteln eines Millimeters über dem ganzen Niederschlagsgebiete.

Die Senkung des Wasserspiegels auf 1 *km* Länge beträgt, je nach dem Wasserstande, 0.12—2.94 *m*; diese Zahlen beruhen aber mehr auf Schätzung als auf direkter Messung. Die mittlere Geschwindigkeit der Strömung des Wassers ist bei tiefem Stande desselben sehr klein. Die grösste Geschwindigkeit von nahe 2.4 *m/sec* tritt bei 250 *cm* Pegelstand auf, bei höhern Ständen geht diese Geschwindigkeit wieder zurück. Dann treten wahrscheinlich grössere Widerstände durch die Brücke etc. in Thätigkeit. — Das Niederschlagsgebiet hat eine zwischen etwa 650—700 *m* liegende mittlere Höhe, während der Spiegel des Flusses bei Zwickau bei ca. 260 *m* liegt. Das Niederschlagswasser wird demnach durchschnittlich etwa 400 *m* niederfallen, ehe es bei Zwickau im Flusse abströmt. Würde diese Abwärtsbewegung aller Wasserteilchen auf ihren verschiedenen Wegen ohne einen jeden noch so kleinen Widerstand vor sich gehen, so würden sie in der Mulde bei Zwickau mit einer Geschwindigkeit von circa 90 *m/sec* ankommen. Jeder Kubikmeter Wasser würde dann eine Arbeitsgrösse von ca. 5000 Pferdekräften verrichten können. Die thatsächlichen Geschwindigkeiten sind dieser Grösse, welche die freie Bewegung erreichen könnte, gegenüber fast verschwindend klein, es wird dem sich dem Flusse zu niederbewegenden Wasser also fast der ganze Arbeitsinhalt durch die Widerstände geraubt, die es auf seinen Wegen zu überwinden hat, wobei es teils mechanische Arbeit durch Zerstörungen der Ufer, Bewegen von Steinen und Erdmassen etc. verrichtet, teils Wärme erzeugt.

Die in 1 Sekunde abfliessende Wassermenge beginnt bei dem tiefsten Wasserstande mit dem wahrscheinlich etwas zu grossen Werte 1 *cbm* und steigt bis zu nahe 500 *cbm/sec* bei 400 *cm* Pegelstand. Der Arbeitsinhalt des fliessenden Wassers als das Produkt der halben Masse und dem Quadrate

der Geschwindigkeit in Pferdekräften berechnet, würde bei 250 *cm* Pegelstand am grössten sein und über 1400 PS. betragen, während bei vollständig widerstandslosem Zuflusse diese Grösse nahezu 2 Millionen PS. erreichen würde.

Im Laufe eines Jahres fallen über dem 1019 *qkm* grossen, in einer mittlern Höhe von 650—700 *m* über dem Meeresspiegel liegenden Flussgebiete 910 *mm* oder Liter pro Quadratmeter Niederschlag. Die kleinste Niederschlagssumme kommt auf den Februar mit 56.8 *mm*, die grösste, 108.4 *mm* auf den Juli. Von dem Niederschlagswasser fliessen im Laufe eines Jahres 375.5 *mm* oder 41 % in der Mulde bei Zwickau vorüber. Die grössten Abflusshöhen haben die Monate März und April, die kleinsten die Monate Oktober und November.

Die Abflusskoeffizienten, oder das prozentische Verhältnis des Abflusses zum Niederschlage sind in den Monaten März und April, wahrscheinlich wegen der Schneeschmelze, am grössten, im Juni und Juli am kleinsten. Es stehen sich hier 23 % und 86 % gegenüber, während das Jahresmittel 41 % beträgt.

Nach den mitgeteilten Beziehungen zwischen den Niederschlags- und Abflusshöhen einerseits und den diesen entsprechenden Wassermengen anderseits findet sich, dass ein Millimeter Abflusshöhe in einem Durchschnittsmonate 0.386 *cbm/sec.* und 1.019 *cbhm* monatliche Abflussmenge erzeugt.

Darnach beträgt die Wasserführung im April durchschnittlich 21.0 *cbm/sec*, im November aber nur 8.3 *cbm*. Das Jahresmittel stellt sich auf 12.1 *cbm/sec*. Man erkennt aus der Tabelle, dass nur in den Monaten März bis mit Mai die Wasserführung den Durchschnittsbetrag übersteigt, in allen andern Monaten aber kleiner ist.

Die im Laufe eines Monates abfliessenden Wassermassen betragen durchschnittlich nahe 32 *cbhm* oder Millionen *cbm*. Im November sind dies nur 22, im April aber nahe 56 *cbhm*.

Besondere Tabellen enthalten etwas eingehendere Angaben über den Niederschlag und Abfluss. Zuerst erscheinen die Lustren- oder fünfjährigen Mittel für die Monate und Jahre.

Die Zahlen für die einzelnen Monate zeigen bedeutende Unterschiede, trotzdem es sich um fünfjährige Mittel handelt. Die grössten dieser Mittel erreichen bei einigen Monaten oft das 2—3 fache der kleinsten zu gleichen Monaten gehörigen Werte. Irgendwelche Gesetzmässigkeit in der Folge der Mittel für die Monate lässt sich nicht ersehen. Wohl aber ist dies bei den Jahresmitteln der Fall. Während der ersten 3 Lustren nahmen dieselben zu, zeigten während des nächsten Decenniums einen schwachen Rückgang und stiegen dann wieder stark. Das Lustrum 1896—1900 zeichnet sich durch ganz hervorragende Niederschlagsmengen aus. Ähnlich ist der Verlauf der Abflusshöhen. Auffallend klein waren dieselben im ersten und auffallend gross, fast das Doppelte betragend, im letzten Lustrum. Der Anstieg vom Beginne der Beobachtungsperiode an wird hier nur durch das Lustrum 1891—1895 unterbrochen. Die Lustren, in denen die Monatsabflüsse Maxima oder Minima zeigten, stimmen oft, aber durchaus nicht stets, mit den entsprechenden Erscheinungen beim Niederschlage zusammen. Die Unterschiede dieser Extreme der Monatsmittel sind noch bedeutender als beim Niederschlage, die Maxima haben hier vielfach die 3—4 fachen Werte der Minima.

Recht gross sind auch die Schwankungen in den Abflusskoeffizienten gewesen. Im allgemeinen scheinen diese Zahlen anzudeuten, dass der von dem Niederschlage in der Mulde abfliessende Bruchteil um so grösser ist, je stärker der Niederschlag fällt. Das tritt wenigstens aus den Jahresmitteln hervor, die eine ähnliche Schwankung wie die Grundursachen zeigen und zwischen 37 und 48 % liegen.

Zuletzt giebt Verf. eine Übersicht der während der einzelnen Monate und Jahre der Beobachtungszeit von 29 Jahren beobachteten kleinsten und grössten Niederschlags- und Abflusshöhen, sowie der Abflusskoeffizienten. Als kleinste selbst über einem Gebiete von über 1000 *qkm* gefallene Monatsmenge des Niederschlages erscheinen darnach 4 *mm*. Diese Höhe entspricht einem Wasserzuwachs von über 4 Millionen *cbm* und einer Wasserführung von nur 1.5 *cbm/sec*. Dagegen fielen im Mai 1899 als eine der grössten Monatsmengen 229 *mm* oder über 230 Millionen *cbm* auf dem Niederschlagsgebiete und hätten beim vollen gleichmässigen Abflusse eine Wasserführung von 88 *cbm/sec* bei 110 *cm* Pegelstand erzeugen können. Noch grösser, 236 *mm* betragend, war die Niederschlagshöhe im Juli 1897.

Als kleinste monatliche Abflusshöhe erscheinen 9 *mm*, die einer durchschnittlichen Wasserführung von 3.5 *cbm/sec* entsprechen. Die grösste Abflusshöhe hatte der Mai 1899 mit 160 *mm*, die mittlere Wasserführung war in diesem Monate also 61.8 *cbm/sec*. Abgeflossen sind mehr als 160 Millionen *cbm* Wasser in diesem Monate. Bei vollständig gleichmässigem Abflusse hätte der Pegel 88 *cm* über Null zeigen müssen. Der mittlere Pegelstand war aber nur 79 *cm*, was einer durchschnittlichen Wasserführung von 53 *cbm/sec* entspricht.

Die Rechnung mit Pegelständen einerseits und mit Abflusshöhen anderseits kann sonach bei starker Schwankung in der Wasserführung recht verschiedene Resultate bezüglich der abgeflossenen Wassermenge ergeben. Diese Schwankungen waren im Mai 1899 wirklich auch recht gross, dem Pegelstande 32 *cm* am 24. des Monates stehen 208 *cm* am 7. und 175 *cm* am 26. gegenüber. Die Abflusshöhen waren demnach am 7. Mai 20.9 und am 26. Mai 16.2 *mm*. Abgeflossen sind während dieser 2 Tage 21, resp. 17 Millionen *cbm*, und die Wasserführungen waren 244, resp. 192 *cbm/sec*.

Auch die Abflusskoeffizienten zeigen rechte Verschiedenheiten. Die kleinsten Werte gehen im Juli auf 10 %, im April aber nur auf 35 % zurück. Als grösster Wert erscheinen 1075 % in dem niederschlagsarmen April 1893. In diesem Monate wird zweifellos fast alles Wasser aus dem Schneevorrate der frühern Monate hergerührt haben.

Bezüglich der Jahresresultate stehen sich beim Niederschlage 630 *mm* im Jahre 1874 und 1148 *mm* im Jahre 1899 als Extremwerte gegenüber. Der gesamte Abfluss war im Jahre 1872 am kleinsten, 1899 am grössten, die Mengen waren entsprechend 230 und 619 *mm*. Der erstere Wert entspricht 7.3, der letztere aber 20.1 *cbm/sec* durchschnittlicher Wasserführung. Die jährlichen Abflusskoeffizienten schwankten zwischen 31 % (1877—1893) und 54 % (1899). Diese Ergebnisse können, wie dies schon hervorgehoben wurde, nur als vorläufige gelten.

Veränderung im Laufe des blauen Nil. Der französische Reisende Hugues Le Roux hat[1]) die von O. J. Crosby auf der Reise von Zeila bis Chartum entdeckte Verschiebung des blauen Nil gegen Süden auf einem Teile seines Laufes durch das abessinische Hochland bestätigt. Le Roux zog südlicher als Crosby und fand die Verschiebung des Flusslaufes noch grösser als dieser, der südlichste Punkt liegt in 9° 58′ n. Br.

Das Flussgebiet des Lukuledi in Deutsch-Ostafrika ist vom Missionar P. A. Adams geschildert worden.[2]) Den Fluss begleiten Terrassen, die von Plateauvorstufen überhöht werden, gegen welche

---

[1]) La Géographie 1901. Oktober.

[2]) Mittl. aus dem deutschen Schutzgebiete 1902. Heft 3.

die Hauptplateaumassen wieder scharf abgesetzt sind. Die ursprünglich zusammenhängenden Terrassen- und Vorstufenflächen sind jetzt durch Bachthäler mannigfach zerschnitten, und das Gelände hat dadurch stellenweise einen sehr unregelmässig hügeligen Charakter gewonnen. Die grösste Mannigfaltigkeit in der Abstufung herrscht im mittlern Flussgebiete des Lukuledi. Am deutlichsten sind die Terrassen und Plateauvorstufen in ihrem ursprünglichen Zusammenhange erhalten in geringen Resten südlich des Lukuledi bei Nawelewele Mbemba, nördlich des Lukuledi, am rechten Ufer des Nyangaobaches aufwärts. Hier steigt von der Flussterrasse, auf welcher die Mission in 200 *m* Seehöhe liegt, das Gelände allmählich bis zur deutlich aufgesetzten Plateauvorstufe Nakadi-Mpeme in etwa 400 *m* Seehöhe, dann immer mehr nordwärts bis zum Ansatze des Muëra-Ilondo-Plateaus im Mioliberg zu 700 *m* Seehöhe. Selbst von hier aus nimmt die Steigerung des Plateaus unausgesetzt zu, bis zu einer Seehöhe von etwa 850 *m*. Gegen Südwest tritt mit dem allmählichen Anstiege der oft 6—10 *km* breiten Thalsenke auf 200—300 *m* Seehöhe eine Vereinfachung der Geländeformen ein; es treten die Plateaumassen nach Norden und Süden zurück und verflachen sich teilweise in westlicher Richtung in die wellige, mit Inselbergen besetzte Hochebene des Hinterlandes. Sehr interessant sind die weiten, schroffen Auswaschungen der Bachthäler, die oben meist in einem steilwandigen Kessel endigen. Steht der Laie am Rande solcher senkrechten Thalkessel, so ist er sehr geneigt, diese mächtigen Zerstörungen der Plateauvorstufen und der obersten Plateauränder lediglich auf Rechnung der Erosion zu setzen. Infolge dieser Erosionen bilden die Plateaulandschaften kein so geschlossenes Ganzes, wie das aus der Ferne erscheinen mag. Wie der Nordrand des Makonde-Mpatila-Plateaus durch gewaltige Einbuchtungen, welche wiederum ihre eigene kleinere Gebirgs- und Hügelwelt in sich bergen, eine linienreiche Form erhält, so wird der Südrand des Muëra-Ilondo-Plateaus durch tief einschneidende Bachthäler sehr stark zerrissen und bildet eine Anzahl massiver, halbinselförmiger Plateauvorsprünge. Die Beobachtung, dass die beiden in Süd-Nordrichtung sich gegenüberliegenden Plateauränder Ilondo und Unguluë-Makonde genau dieselbe Seehöhe aufweisen, dass ferner die beiden Plateaumassen einen einheitlichen Schichtenaufbau besitzen, lässt auf die Möglichkeit eines vorzeitlichen Zusammenhanges der beiden jetzt durch die Thalsenke getrennten Hochlandschaften schliessen.

Die unterste Terrasse der grossen Thalsenke besteht grossenteils nur aus lockern Bodenarten, aus mehr oder weniger lehmigen Sanden und sandigen Lehmen, zu denen sich in nächster Nähe der Plateauvorstufen mächtige Geröllagen hinzugesellen. Zwischen Lukuledi und Unguluë kommt eine feste Gesteinsunterlage sowohl in den Terrassenbildungen wie auch selbst in den zerstörten Plateauvorstufen zum Vorscheine. Mächtige Gneissfelsen liegen hier oft so

wild und romantisch aufeinander und getürmt umhergeworfen, wie wenn vorzeitliche Riesen ihr Spiel getrieben. Nicht nur die Erden der Terrassen, die Sandsteinschichten der Vorstufen, sondern auch die der obern Kreide angehörigen »Makondeschichten« liegen unmittelbar auf Gneiss. An Mineralien finden sich in diesem Gebiete schwarze Turmaline, Bergkrystalle, Granaten, Graphit, eisenhaltige Thone und Glimmer.

Der obere Yangtsekiang ist bei hohem Wasserstande von Archibald Little im Jahre 1901 befahren worden,[1]) auf einer Dschunke. Der Fluss bietet zur Winterszeit, wenn der Dschunkenverkehr am regsten ist, ein ganz anderes Bild als im Sommer, wenn die zahlreichen kleinen Nebenflüsse infolge des Regens angeschwollen sind. Während er im Winter wie ein klarer Gebirgsstrom dahinfliesst, dessen ruhige Flussstrecken hier und da durch Wasserfälle unterbrochen werden, ist er im Sommer ein äusserst reissender Strom, dessen braune Wasser das allenthalben tiefe Bett ganz ausfüllen und über Klippen oder zwischen steilen Felsabhängen dahinbrausen, Klippen, die dann mehr als 10 *m* unter Wasser liegen. Die unzähligen Stromschnellen des Winters sind entweder ganz verschwunden oder zu reissenden Strömen geworden. Meist liegt der Fluss jedoch tot da, das rege Leben bei den Stromschnellen des Winters ist völlig verschwunden, auch die zerstreut liegenden Dörfer und Städte erscheinen wie ausgestorben. Der Verkehr im Sommer ruht weniger der Gefahren halber, die eine solche Fahrt mit sich bringt — die Engpässe sind in der That äusserst gefährlich —, als der erhöhten Unkosten halber. Mehr Mannschaft ist erforderlich und muss statt eines, zwei oder zeitweise drei Monate lang bezahlt und beköstigt werden; infolgedessen steigen auch die Frachten, was wiederum den Frachtverkehr ungünstig beeinflusst. Während von November bis April grosse Dschunken beim Nordostpassat die sonst unpassierbaren Engpässe passieren können, müssen sie im Sommer oft tagelang auf günstigen Wind warten. Kurz, wenn der obere Yangtse von Dampfern passiert werden kann, ist er für Dschunken unbefahrbar, und umgekehrt.

Die Fahrt mit der Dschunke flussaufwärts durch die Stromschnellen begann am 14. Juni 1901. Archibald Little erreichte die starke Stromschnelle Yehtan, etwa 60 Seemeilen oberhalb Itschang, in sechs Tagen. Am dritten Tage nach der Abfahrt erreichte man die Tunglingstromschnelle, 35 Seemeilen von Itschang; diese Stromschnelle ist der Ausfluss des Grand Mitan-Engpasses, der hier über zahlreiche Klippen hinwegfliesst, durch die der Strom im Winter in vielen Windungen seine Bahn sucht. Im Juni sind diese Klippen tief unter Wasser und nur an den durch den mit 7 Seemeilen Geschwindigkeit darüber hinwegsetzenden Strom erzeugten Stromkabbelungen kenntlich. Die beschwerliche Fahrt in dem 15 See-

---

[1]) Ann. der Hydrographie 1902. p. 11.

meilen langen, gewundenen Yaotsahostriche, der die Itschang- und Mitanstromengen verbindet, trug die Hauptschuld an der Länge der Reise. Das Flussthal erweitert sich hier. Während der Strom sich in den Engen ein Bett durch die 300—600 *m* hohen Kalksteingebirge gegraben hat, muss er sich in dem zwischenliegenden Striche durch gigantische Granitfelsen seinen Weg suchen. Der Yaotsahostrich ist infolgedessen eine ununterbrochene Stromschnelle. Gleich oberhalb des Mitanengpasses erweitert sich das Flussthal wieder, obgleich es noch von steilen, 900—1200 *m* hohen Bergen begrenzt wird. Auf dem Ufer zu beiden Seiten ist die rege Stadt Hsintan erbaut, deren wohlhabende Farmer und Rheder von Dschunken hier malerische Häuser angelegt haben. Frau Bishop, die Hsintan im Januar besuchte, schreibt darüber: »Der Lärm Hsintans spottet aller Beschreibung. Mein Gehör war noch tagelang davon erfüllt. Das Rauschen und Tosen des Wasserfalles, die Rufe der die Dschunken ziehenden Männer, sowie das unaufhörliche Schlagen von Pauken und Gongs, das teils als Signal, teils zum Vertreiben der bösen Geister dienen soll, machen einen nie zu vergessenden Höllenlärm.« Im Sommer ist das Landschaftsbild ganz verändert. Die Klippen liegen unter Wasser, die im Winter darauf stehenden Hütten sind verschwunden, die Dschunkenleute treiben Ackerbau. Das Wasser des $^1/_2$ Seemeile und mehr breiten Flusses ist schlicht, und nur selten wird eine Dschunke sichtbar.

Die Dschunke, die nur geringen Tiefgang hatte, wurde ohne Schwierigkeit über den etwa $2^1/_2$ *m* hohen, steilen, kurzen, ruhigen Yehtan-Wasserfall hinweggezogen. Die 22 Seemeilen lange Fahrt flussaufwärts durch den grossen Engpass von Wuschan nahm drei volle Tage in Anspruch und war sehr beschwerlich. Der dann folgende Flussstrich, der diese Enge mit der letzten der vier Engen, dem Bellowsengpass, verbindet, der 3 Seemeilen unterhalb der berühmten Stadt Kweifu liegt, war verhältnismässig frei. Unterhalb der untern Einfahrt in den Bellowsengpass und gegenüber von Hoangtsangpei befindet sich eine sehr merkwürdige Schlucht in den 900 *m* hohen Bergen am rechten Ufer. Diese etwa $^1/_2$ Seemeilen breite Schlucht führt bei den Eingeborenen den Namen Tsokia Hsia oder Falscher Pass, da der Sage nach der Kaiser Yü, als er die Engpässe aus den Bergen aushauen liess, die Setschuan vom übrigen China trennen, diese Schlucht zuerst in Angriff nehmen liess. Diese Durchfahrt bildete jetzt einen reissenden Strom, den Ausfluss des seeartigen obern Flusses.

Der Bellowsengpass ist durchschnittlich $1^1/_2$ Kabellängen breit, wird jedoch durch felsige Untiefen bis auf $^3/_4$ Kabellängen an drei Stellen versperrt, auch ist er zu dieser Jahreszeit voll von Stromwirbeln. Der Felsen, hinter dem die Dschunke eine Nacht über lag, besteht aus sehr hartem Kalksteine und Feuersteine und hatte das Aussehen von Essenschlacken. Zur Zeit war die Spitze 9—15 *m*

über Wasser, im Spätsommer ist sie jedoch ganz unter Wasser, so dass die ganze Oberfläche vom Wasser allmählich weggewaschen wird. Der Felsen ist aber zu hart, um ihn zu zerbröckeln, wie es bei unzähligen andern Klippen im Strome der Fall ist. An der engsten Stelle dieses Passes, nahe bei seiner obern Einfahrt, sind bei niedrigem Wasserstande die Pfeiler und Löcher in den Felsen noch sichtbar, von denen aus Ketten über den Yangtse gezogen waren während des sagenhaften Krieges der »drei Königreiche«, der im dritten Jahrhunderte mit dem Falle der grossen Han-Dynastie endigte. Diese ganze Gegend ist an Sagen reich. Unterhalb dieser Stelle sind 40 *cm* breite und 60 *cm* tiefe viereckige Löcher aus dem etwa 150 *m* hohen Kalksteinfelsen geschlagen, die als Mêngliangsleiter bekannt sind. Liupeh, der letzte Kaiser der Han-Dynastie, erbaute hier den prachtvollen Tempel Pehtitscheng oder die Stadt des Weissen Kaisers, so genannt nach dem himmlischen Gründer und Schutzheiligen. Von den mit Holz belegten Terrassen gewinnt man eine herrliche Aussicht über den Engpass, dessen höchster Felsabhang etwa 900 *m* hoch ist, und über die malerische Stadt Kweifu, 3 Seemeilen flussaufwärts, am linken Ufer des seeartigen Flussstriches.

Da der Fluss in der Nacht um 3 *m* stieg, mussten die Vertäuungen des Bootes beständig verlegt werden. Bei Tagesanbruch fuhr Archibald Little im Rettungsboote nach dem linken Ufer hinüber und erklomm es bis zur Neuen Strasse. Die Strasse wurde im Jahre 1888 durch einen Vizekönig von Kweifu westwärts nach der etwa 50 Seemeilen entfernten Grenze Hupehs angelegt, wo sie beim Passieren der Engpässe aus den Kreidefelsen ausgehauen ist und durch eine niedrige Steinwehr begrenzt wird. Diese Strasse ist jetzt wertlos; sie endigt plötzlich in der Mitte des Wuschan-Engpasses und beginnt bereits zu zerfallen. Sie würde, wenn sie bis zu dem 80 Seemeilen entfernten Itschang fortgeführt würde, einen unschätzbaren Wert für die Verbindung mit Setschuan dargestellt haben, für die jetzt nur der Wasserweg auf dem Yangtse besteht.

Die Stadt des Weissen Kaisers, das westliche Ende der Neuen Strasse, ist nur noch ein kleines Dorf. Ein Teil der alten konkreten Mauer besteht noch, durchbrochen durch ein altes Thor, durch das der Weg nach der 3 Seemeilen entfernten, mit einer hohen Mauer umgebenen Stadt von Kweifu führt. Eigentümlich berührt den Beschauer der Anblick, wenn er zu dieser Jahreszeit den 60 *m* zu seinen Füssen liegenden ruhigen See sieht und nichts darin von einer fleissigen Stadt bemerkt, die jeden Sommer unter Wasser ist und im Winter, wenn der Flusswasserstand niedriger ist, wieder aufgebaut wird.

Von Kweifu nach Wan Hien wurden Stromschnellen nicht bemerkt. Die flaschenhalsförmige Bellowsenge hatte das Wasser hier aufgestaut, der reissende Miaochi und der gefürchtete Hsinlungtan

waren nicht vorhanden. Der Wasserstand im Flusse betrug jetzt 30 *m* über dem im Winter. Der $^1/_2$—$^3/_4$ Seemeilen breite Fluss lief ruhig zwischen grünen Abhängen hin, keine Klippe war sichtbar. Der Farbenunterschied zwischen dem Dunkelgrün des Mais, der die niedrigern Abhänge bedeckte, und dem schokoladebraunen Wasser an deren Fusse war sehr auffallend, sowie auch das Fehlen jeglichen Lebens an der Stelle der neuen grossen Stromschnelle, die durch den Erdrutsch im Jahre 1896 entstand. Von einer Stadt war keine Spur zu finden, die Häuser waren meist fortgeschafft, die Stelle war ganz unter Wasser. Auf dem hohen Lande darüber steht jedoch ein schöner, grosser Buddhistentempel, der dem Wangse, dem Schutzheiligen der Bootsleute, geweiht ist, und zu dessen Unterhaltung von den Besatzungen der Dschunken beigesteuert wird. Im Winter ist diese Stromschnelle eine ständige Gefahr und könnte doch durch einige Tonnen Dynamit leicht beseitigt werden.

Seen.

Der Pleskauer (Pskower) See und seine Inseln wurden von P. v. Stenin geschildert.[1] Der 3513 *qkm* grosse Peipussee bildet in seinem südlichen Teile den kleinen (etwa 750 *qkm* grossen) Pleskauer (Pskower) oder Talabskischen See, welcher mit seinem grössern Nachbarn durch eine 4 *km* breite und circa 15 *km* lange Strasse verbunden ist. Während der Peipussee einen steinigen, unebenen Grund und eine Tiefe von 40 *m* besitzt, hat der Pleskauer See einen schlammigen, mit Wasserpflanzen reichlich bewachsenen Grund, und seine Tiefe übersteigt nicht 10 *m*. Das Wasser des Peipussees ist rein und durchsichtig, das Wasser des Pleskauer Sees dagegen trübe und von zahllosen Organismen belebt; der letzte Umstand und namentlich die reiche Wasserflora des Pleskauer Sees und die von ihr sich ernährenden Weichtiere erklären die Anwesenheit einer Masse von Fischen im kleinen See. Auch sind die Fische, von bei weitem bessern Geschmacke als diejenigen im grossen See. Die Ufer des Pleskauer Sees sind flach, sumpfig und wenig bewaldet; lange Uferstrecken liegen brach, unbewohnt und unbebaut. Die Bevölkerung gruppiert sich an den Mündungen der Flüsse und auf den Inseln. Von Süden ergiesst sich in den See der Fluss Welikaja; 18 *km* im Nordosten von seiner Mündung liegen die Talabskischen Inseln, während nahe dem Westufer des Sees einige, teils nur spärlich bevölkerte, teils unbewohnte Inseln (Ssemsk, Issad, Kortschma, Waranje etc.) aus dem Wasser hervorragen. Die Talabskischen Inseln sind stark bevölkert und bilden das Zentrum der Fischerei auf dem Pleskauer See. Drei Inseln: Talabsk, Talawenez und Werchny (die obere Insel) bilden diese, von circa 4000 Menschen bewohnte

---

[1]) Umlaufts geograph. Rundschau **24.** p. 70.

Gruppe. Die Strassen, welche die ganze Gruppe vom Festlande und die Inseln voneinander trennen, tragen folgende Bezeichnungen: der 3 *km* breite Sund zwischen dem Festlande und Talabsk heisst der »Bolschoi (Grosse) Ksut«, der $1^1/_2$ *km* messende Sund, welcher Talawenez und Talabsk trennt, heisst der »Maly (Kleine) Ksut«, derjenige zwischen Talawenez und der obern Insel, welcher ebenso breit ist, trägt den Namen »Malyja Worota« (das kleine Thor) und derjenige zwischen der obern Insel und dem Festlande, welcher eine Breite von 7 *km* misst, »Bolschija Worota« (das grosse Thor). Die beiden erstern Strassen trocknen in manchen Jahren aus, und dann kann man trockenen Fusses von Talabsk nach Talawenez und zum östlichen Ufer des Sees gelangen.

Die grösste Insel — die obere — Werchny — besitzt einen grossen Fichten- und Tannenwald von 98.4 Morgen; alle Talabskischen Inseln zusammen umfassen ein Areal von 526 Morgen. Alle drei Inseln sind im Süden niedriger und im Norden höher, wobei sie eine Höhe von 20 *m* über dem Seespiegel erreichen. Der sandige Boden mit dem lehmigen Untergrunde wirkt hemmend auf die Pflanzen; der Strand ist mit erratischen Blöcken übersäet. Das Wort Talabsk soll vom esthnischen »Tallu«, d. i. Bauernhof, Wohnung, abstammen.

Seiches im Madüsee in Pommern. Der grosse südöstlich von Stettin gelegene Madüsee ist von Dr. W. Halbfass mit einem Sarasinschen registrierenden Limnimeter während der Monate Oktober 1901 bis Februar 1902 auf stehende Schwankungen seines Wasserspiegels untersucht worden.[1]) Es konnten sehr deutlich ausgeprägte Schwingungsformen von durchschnittlich 35.5, resp. 20.1 Minuten Schwingungsdauer konstatiert werden. Erstere stimmt mit der mittels der P. du Boysschen Formel berechneten theoretischen Schwingungsdauer einer Längsschwingung des ganzen Sees einigermassen überein, letztere muss als erste Oberschwingung angenommen werden, obgleich sie nicht unerheblich länger als die halbe Dauer der ersten Schwingungsform ist. Neben diesen Schwingungen treten noch Oberschwingungen von kürzerer Dauer auf, die als Trinodalallgemein als Plurinodalschwingungen zu bezeichnen sind. Das Maximum des Ausschlages der Grundschwingung erreicht 60 *mm*, das der ersten Oberschwingung 20 *mm*, bei steigendem Luftdrucke nehmen die Amplituden der Schwingungen im allgemeinen ab, bei abnehmendem zu. Länger andauernder Stillstand aller Schwingungen kam nur bei sehr konstantem Luftdrucke vor. Die Stärke des Windes übt auf die Dauer weder der einzelnen Schwingung, noch ganzer Schwingungsreihen irgendwelchen nennenswerten Einfluss, und es scheint, dass die Periodendauer der Grundschwingung, und seiner ersten Oberschwingung eine nur von der Natur des betreffenden Sees abhängige

[1]) Zeitschrift für Gewässerkunde 5. p. 1.

feste Zahl, ihre Form und Art dagegen von Veränderungen des Luftdruckes und der Windstärke abhängig zu sein.

Der Iseosee ist von A. Baltzer untersucht worden.[1]) Dieser See hat in der Mittellinie eine Länge von 24.8 und eine grösste Breite von 4.5 *km*; seine maximale Tiefe beträgt 250.7, die mittlere nahezu 123 *m*. Die Hauptversenkung stellt eine 237—250 *m* unter dem Seespiegel befindliche Ebene dar, von der auf beiden Seiten die Felsen wandartig aufsteigen. Den Ursprung dieses von Wasser erfüllten Felsentroges dürfte ein Flussthal gebildet haben. Dass er von Gletschern ausgekolkt wurde, bestreitet Verf.; tektonische Hebungen, noch wahrscheinlicher Senkungen, haben nach seiner Ansicht den bestimmenden Einfluss geäussert. Heim hat hypothetisch ein Zurücksinken der Alpen angenommen, welches die Bildung der Randseen zur Folge hätte. Baltzer bietet dazu mit seiner Arbeit einen Beleg für die Südseite der Alpen. Die Bildung des Iseosees ist ein komplexes Phänomen. Das vorliegende Becken ist eine alte Thalfurche mit vielen Umwandlungen, auf welche Gesteinsart, Tektonik, Eisdenudation und Dislokationen ihre Wirkungen geübt haben. Letztere drei haben die Trogform geschaffen, und in der Ausbildung derselben steht Baltzer die dritte Art obenan. Es ist eine selbständige, äussere Zone von Moränenbögen vorhanden, die durch verwaschene, mehr oder weniger abgetragene Wallmoränen, sowie durch Ferrettisierung der Gesteine ziemlich wahrscheinlich gemacht wird.

Es wurden drei übereinander liegende Terrassenniveaus festgestellt, von denen Verf. zwei als selbständig, eine als erodiert ansieht. Jene zwei werden den Hoch- und Niederterrassen verglichen; für noch ältere Schotter, im Sinne einer besondern Eiszeit, sind nur schwache Anhalte. Die Niederterrasse ist, wie auf der Nordseite der Alpen, schön ebenflächig ausgebildet und lässt sich 16 *km* weit verfolgen. Die Hochterrasse konnte nur teilweise nachgewiesen werden, ihre Geschiebe sind kräftig ferrettisiert. Deckenschotter sind nur fragwürdig entwickelt, an einigen Stellen finden sich feste Konglomerate mit Anzeichen höhern glazialen Alters.

Die warmen Salzseen von Szováta. Etwa eine Stunde entfernt von der Ortschaft Szováta im Komitate Udvarhely in Siebenbürgen befindet sich eine der interessantesten Naturerscheinungen, die ausserhalb des Landes allerdings noch wenig bekannt ist. Nordöstlich von jenem Orte erhebt sich ein Salzrücken (Sóhát), nämlich ein etwa 2 Stunden im Umfange haltendes Salzgebiet mit 30—50 *m* hohen, teils freistehenden, teils mit dünnen thonigen Erdschichten bedeckten Salzfelsen, zwischen denen an vielen Punkten starke Salzquellen zu Tage treten. Die freistehenden Salzfelsen sind im Laufe unzähliger Jahre von den Regenmassen erodiert und geklüftet worden, so dass

[1]) Koken, Geolog. u. paläontol. Abhandlg. N. F. 5. Heft 2.

sie in den verschiedensten Formen sich zeigen. Während der trockenen Jahreszeit stellen sich viele dieser Felsen in der thonigen, mit Salz imprägnierten Umgebung als weisse Flächen dar, so dass man auf einem eisbedeckten, gefrorenen Gebiet zu sein glauben könnte. An gewissen Stellen zeigen sich kleine Weiher oder Seen, die nicht nur rücksichtlich der Konzentration des Salzes, sondern mehr noch wegen ihrer abnorm hohen Temperatur überaus merkwürdig sind. Der Chef-Chemiker der kgl. ungar. geologischen Anstalt, A. v. Kalecsinsky, hat in der Fachsitzung der ungarischen geologischen Gesellschaft (am 6. November 1901) über seine Untersuchungen dieser warmen und heissen Kochsalzseen und über die Ursachen ihrer Temperatur berichtet.[1])

Hiernach ist die Erdschicht, welche das Salz bedeckt, da, wo sie überhaupt vorhanden, oft kaum über 1 *m* mächtig; dieser Boden aber trägt eine prächtig gedeihende Vegetation, insbesondere Eichenbäume, deren Wurzeln stellenweise beinahe bis zum Salze hinabreichen. Einige kleine, den Salzrücken durchschneidende Wasserläufe verschwinden unter der Oberfläche, um aber alsbald wieder als Salzquellen zu Tage zu treten und sich in den Szovátabach zu ergiessen. Diese Wasser kommen nun mit dem unterirdischen Salze in Berührung, lösen sich auf und geben dadurch Anlass zur Bildung von unterirdischen Kanälen und Hohlräumen, ja selbst von unterirdischen Teichen.

Haben die Hohlräume endlich einen solchen Umfang erreicht, dass die ihnen aufgelagerte thonige Erde, besonders in durchnässtem Zustande, ihren Halt verliert, so stürzt diese Oberdecke ein. Man kann dies alljährlich im Frühlinge, nach der Schneeschmelze oder nach längerem Regen beobachten. Auf solche Art entstanden nun zahlreiche trichterförmige Dolinen des Salzrückens und die Salzseen, so bereits in uralter Zeit der Schwarze See, der Mogyoróser See und am Schlusse der siebziger Jahre der ansehnliche und tiefe Medve- oder Illyéssee mit zwei Verzweigungen: dem Roten See und dem Grünen See. Andere Seen verschwanden dagegen nach längerem Regen.

Diese Salzseen, sagt v. Kalecsinsky mit Recht, suchen auf dem ganzen Kontinente ihresgleichen nicht nur bezüglich ihrer Ausdehnung und Konzentration der Salzlösung, sondern auch ferner durch jene spezielle Eigenschaft, dass sie zwischen zwei kältern Wasserschichten warmes bis heisses Wasser einschliessen.

Dies veranlasste ihn, die Salzseen einem genauen Studium zu unterwerfen und der Ursache nachzugehen, woher das warmheisse Wasser stamme, da die bisherigen Erklärungen in dieser Hinsicht keine befriedigenden Beweise geliefert haben.

Im Sommer 1901 hatte er Gelegenheit, einige Wochen hindurch die Salzquellen und Salzseen von Szováta gründlich zu studieren

---

[1]) Földtani Közlöny 36. Budapest 1901.

und Messungen, sowie andere Beobachtungen anzustellen, die ihn zu bestimmten Folgerungen führten.

Der höchstgelegene, grösste, tiefste und zugleich wärmste See ist nach seinen Angaben in Szováta der sogenannte Medvesee, sowie die mit ihm, wenigstens während der nassen Jahreszeit, durch ein schmales Rinnsal verbundenen, gleichfalls sehr warmen und tiefen Seen: der Rote und der Grüne See. »Der Medvesee — dessen Form die Ortsbewohner mit einem ausgebreiteten Bärenfell vergleichen — ist von einem schönen Eichenwalde (eine Seltenheit auf Salzgebieten) umgeben. Gegen Norden erhebt sich der Cseresnyés Berg, aus dessen Umgebung zwei kleine Süsswasserbäche sich in den See ergiessen. Östlich vom See befindet sich ein kleines altes Badehaus, unweit einer aus Andesitbreccie bestehenden Felswand; südlich vom See wurden in diesem Jahre (1901) 9—10 Wannenbäder gebaut, zu deren Speisung man das warme Wasser aus der Tiefe des Sees pumpt; daneben befindet sich eine mit 20 Kabinen ausgestattete Schwimmschule. Südwestlich erhebt sich der höchste Teil des Salzrückens, 563 *m*, und an einigen Stellen sind Salzfelsen sichtbar. Im Westen befindet sich der Ausfluss des Medvesees, der neuestens mittels einer Schleuse regulierbar ist.

Sämtliche oben erwähnten Seen liegen in einer kleinen, vor Winden geschützten Vertiefung, etwa 520 *m* über dem Meere.

Die Fauna und Flora dieser Seen ist sehr arm. Bloss an ihrer Oberfläche leben einige kleine Wanzen- und Krebsarten, sowie einige Algen, längs der Bäche, deren Wasser weniger salzig ist (4—5 $^0/_0$ Na Cl), rote und grüne Formen von Salicornia herbacea. Die mit dem Salzwasser begossenen Rasenplätze oder Bäume welken und sehen schon nach einigen Tagen wie abgebrüht aus.

Der Flächeninhalt des Medvesees beträgt etwa 39 000—42 000 *qm*, die Tiefe ist in der Nähe des neuen Badehauses 3.5 *m*, in der Mitte des Sees 20 *m*, 20—30 *m* weit von der Andesitbreccien-Wand dagegen 34 *m* als tiefster Punkt des Sees. In der Nähe des Roten Sees beträgt die Tiefe mehr als 15 *m* und ebenso unweit des Ausflusses. Die mittlere Tiefe kann man auf 10 *m* veranschlagen.

Den Roten und den Grünen See umgeben fast von allen Seiten freistehende, 10—40 *m* hohe Salzfelsen, welche in der Nähe des Roten Sees vordem eine rötliche Färbung besassen und dem See seinen Namen gaben. Die Tiefen- und Temperaturverhältnisse waren bisher noch nicht genau bekannt. Man wusste bloss, dass unter der kalten oberflächlichen Wasserschicht sich eine Schicht heissen Wassers befindet.

Am obern Ende des Roten Sees fand Verf. in einer Tiefe von ungefähr einem halben Meter das spezifische Gewicht von 1.068, das in der Mitte des Sees in gleicher Tiefe 1.062 betrug, also beides ungefähr 9 $^0/_0$ Chlornatrium entsprechend.

Unterhalb des Ausflusses des Medvesees befindet sich in einer schluchtenartigen Vertiefung der Mogyoróser See, durch welchen der Abfluss des Medvesees erfolgt. Das Salzwasser ist in diesem See in der Tiefe viel weniger warm.

Die Tiefe dieses, ca. ein Joch grossen Mogyoróser Sees ist unmittelbar neben dem Badehause 1.3 *m*, in der Mitte über 6 *m*; im Mittel daher 4—5 *m*. Der Überschuss des Wassers fliesst in einem Salzgraben an jener Stelle vorbei, wo sich in frühern Zeiten der Weisse See befunden hat. In seinem weitern Verlaufe wird dieser Salzbach durch einige Salzquellen gespeist, wodurch das Wasser des Baches an Konzentration und Salzgehalt bedeutend zunimmt.

Südlich vom höchsten Punkte des Salzrückens und unweit des im Jahre 1901 erbauten Gasthauses liegt in einer beträchtlichen Vertiefung der Schwarze See, der keinen ständigen Wasserzufluss besitzt, sondern bloss durch Schmelze und Regenwasser gespeist wird. Die Wasseroberfläche ist weniger salzig, die Tiefe 5—6 *m*, der Flächenraum ungefähr 1 Joch.

Verf. hat nun genaue Messungen der Temperatur und des spezifischen Gewichtes des Medve-, Mogyoróser und Schwarzen Sees ausgeführt und spricht sich über die Ergebnisse wie folgt aus:

»Die Temperatur des Wassers an der Oberfläche ist nach der Jahres- und Tageszeit veränderlich, sie stimmt beinahe mit der Lufttemperatur überein (im Sommer 20—30° C.), dann steigt sie (obere warme Sprungschicht) mit der Tiefe gradatim und erreicht beim Medvesee in einer Tiefe von 1.32 *m* ihr Maximum (55—70° C., — heisse Sprungschicht); von hier an sinkt dann die Temperatur wieder stufenweise (untere warme Sprungschicht) bis zur untersten kalten Schicht (kalte Sprungschicht).

Die heisseste Schicht liegt, schwimmt, also zwischen zwei kalten Flüssigkeitsschichten. Die Mächtigkeit derjenigen Salzsolenschicht, deren Temperatur wärmer als 40° C. ist, beträgt beiläufig 2 *m*.

Was das spezifische Gewicht anbelangt, so ist dasselbe an der Oberfläche, nahe am Einflusse des kleinen Baches = 1.00, beim Ausflusse wegen der Diffusion und kleinerer Wellenschläge = 1.016 = 2 $^0/_0$ Chlornatrium; es ist dies also beinahe Süsswasser. Mit der Tiefe nimmt das spezifische Gewicht gradatim zu und demzufolge auch der prozentuelle Gehalt an Chlornatrium.

In der Tiefe von 1.32 *m* ist nicht nur das spezifische Gewicht und der Salzgehalt am höchsten, sondern dort befindet sich auch die grösste Temperatur. Nach dem Erreichen des Maximums ändert sich das spezifische Gewicht und die Konzentration kaum, sie sind nur um ein Geringes höher.

Der wärmste See ist der Medvesee, weniger warm der Mogyoróser See; der Schwarze See hingegen ist kalt.

Auf der Oberfläche des Mogyoróser Sees liegt eine dickere Schicht einer 2—3 %igen Salzlösung, in einer Tiefe von 0.5 *m* enthält das Wasser schon 6 %, bei 1 *m* 9 % und bei 1.5 *m* 23 % Chlornatrium. Die höchste Temperatur ist in 1,82 *m* zu beobachten und ist daselbst bedeutend niedriger (38 ° C.), als im Medvesee.

Im Schwarzen See endlich enthält das Wasser bis 2 *m* 2—3 % Chlornatrium, und erst bei 3—4 *m* Tiefe erreicht die Lösung ihre Konzentration. Bei diesem See findet man oben keinen warmen Sprung der Temperaturen, die mittlere warme Schicht fehlt vollständig, und das Wasser erwärmt sich im Sommer beinahe ebenso, wie das eines jeden andern homogenen Sees; die Oberfläche ist am wärmsten, und von da ab sinkt die Temperatur mit der Tiefe.

Es sind über diese warmen Salzseen nur zwei Arbeiten bekannt, die vom wissenschaftlichen Standpunkte in Betracht kommen. Die eine stammt aus der Feder des Prof. Dr. A. v. Lengyel und behandelt hauptsächlich die chemische Analyse des Wassers,[1]) die andere hat den Chefgeologen, Oberbergrat L. Roth v. Telegd zum Verfasser, der sich mit der Geologie dieser Seen befasste.[2]) Überdies sind noch einige kleine Mitteilungen vorhanden, deren Temperaturmessungen jedoch nicht immer zuverlässig sind.

Die Ansichten und Vermutungen über die Entstehungsursache der zwischen zwei relativ kalten Flüssigkeitsschichten schwebenden warmen oder heissen Schichten waren bisher sehr verschieden. Die einfachste und allgemein verbreitetste Ansicht war die, dass die warme Salzwasserschicht einen thermalen Ursprung habe. Andere dachten später — nachdem es bereits bekannt wurde, dass die Temperatur mit der Tiefe wieder sinke — an einen chemischen Prozess, an eine Oxydation von Pflanzenresten, Bitumen, Pyrit u. s. w.

Alle diese Erklärungen sind irrig, vielmehr fand Verf., dass sich konzentriertes Salzwasser, wenn es von einer spezifisch leichtern Süsswasserschicht bedeckt und von der Sonne längere Zeit beschienen wird, erwärmt. Daraus lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass die mittlere warmheisse Schicht des Medve- und Mogyoróser Sees weder thermalen Ursprunges, noch die Folge eines Oxydationsprozesses ist, sondern ihre Wärme ebenfalls nur von der Sonne erhält. Ferner folgt, dass mit dem Verdunsten des auf der Oberfläche schwimmenden Wassers die Temperaturunterschiede der obern und untern Flüssigkeitsschichten geringer werden, und dass nach dem vollständigen Verdunsten des Süsswassers die Differenz (wie Verf. an einem andern kleinen Teiche beobachtete) nach einigen Tagen überhaupt verschwindet.

---

[1]) Der Illyés-Teich bei Szováta und seine Umgebung vom geologischen Gesichtspunkte. Földtani Közlöny 1899. **29.** Heft 1—4. p. 130.

[2]) Der Illyés-(Bären-)See bei Szováta. Földtani Közlöny 1898. Supplbd. **28.** Heft 7—9. p. 280.

»Zur Erwärmung der Salzseen ist somit, ausser der Sonne, eine auf der konzentrierten Salzlösung schwimmende Süsswasser- oder schwach salzige Wasserschicht eine wesentliche Bedingung, sie ist die Vermittlerin und dient gleichzeitig als Schutz.

Die Erfahrung lehrt, dass die Temperatur unten um so höher steigt, je grösser die spezifische Gewichtsdifferenz der beiden Flüssigkeiten ist; mit der Differenz verringert sich auch die Temperatur. Nimmt das obere Süsswasser, eventuell die sehr verdünnte Salzwasserschicht an Mächtigkeit zu, so ist dementsprechend die Maximaltemperatur der mittlern Schicht niedriger, wie dies der Mogyoróser See zeigt. Ist jedoch die spezifisch leichte Schicht über dem konzentrierten Salzwasser sehr mächtig, übersteigt sie 2 *m*, wie beim Schwarzen See, so unterbleibt die Erwärmung der mittlern Schicht beinahe vollständig, und das Wasser des Sees erwärmt sich annähernd so wie in den bisher bekannten Seen. Unsere Seen, fährt Verf. fort, sind ein schönes Beispiel dafür, wie geringfügig die Wärmeleitung in Flüssigkeiten ist; kann Wärme in einer Flüssigkeit nicht durch Strömung sich ausbreiten (wie z. B. wenn man Wasser in einem Becherglase über der Flamme erwärmt, wo dann die unten heiss gewordene Flüssigkeit sofort aufsteigt — da sie leichter geworden — und so die Wärme durch das ganze Volum der Flüssigkeit mitteilt), so kann sie überhaupt nicht von der Stelle, und es können dann an dem Orte, wo die Wärme in die Flüssigkeit hineingebracht wird, sehr hohe Temperaturen entstehen.

Diese Salzseen werden durch die Strahlung der Sonne erwärmt, die von oben ins Wasser dringt. Die Sonnenstrahlen, sichtbare und auch ultrarote zusammengenommen, werden von Wasser und Kochsalzlösung absorbiert, besonders die ultraroten Teile, aber nicht so stark, dass das Eindringen der Strahlen nicht bis zu einer gewissen Tiefe stattfinden könnte. Die Hauptsache ist, dass die Sonnenstrahlen nicht die äusserste Oberfläche der Seen allein erwärmen, sondern eine ganze grosse, dicke Schicht an der Oberfläche. Wäre nun die Flüssigkeit homogen, so würde die Wärme nach oben steigen und sich dort immer ansammeln. Die Oberfläche ist aber ein Ort starken Wärmeverlustes durch Verdunstung, wobei ja Wärme verbraucht wird. Jedoch auch ohne Verdunstung wird Wärme an die Luft abgegeben und durch die Luftströmung gleich fortgeführt. Dies ist der Grund, warum in gewöhnlichen Seen und im Meere keine so starke Erhitzung des Wassers resultiert, wie in jenen Salzseen. In diesen Seen ist nun das Salzwasser, welches durch die Verschluckung der Sonnenstrahlen warm wird, durch sein hohes spezifisches Gewicht verhindert, aufzusteigen und an den Ort des Wärmeverlustes, d. h. die Oberfläche, zu kommen; es kann die tagsüber ihm fortwährend zugeführte Wärme nur durch Leitung nach oben und unten hin weitergeben. Eben die wässerigen Flüssigkeiten leiten jedoch die Wärme schlecht, fast so viel wie gar nicht, und daher ergiebt

sich die grosse Aufspeicherung der Wärme in der obersten Salzsolenschicht.

Das Bodenrelief des Skutarisees ist von Prof. Cvijič im Sommer 1901 erforscht worden. Im ganzen wurden 240 Tiefseemessungen ausgeführt. Es ergab sich, dass dicht an dem steilen südwestlichen Ufer zahlreiche Löcher vorhanden sind, ähnlich denjenigen, welche früher A. Delebecque im See von Annecy nachgewiesen hat. Die grösste dieser Vertiefungen findet sich nahe dem Dorfe Raduš gegenüber und beträgt 44 *m*. Die Höhe des Seespiegels über dem Meere ist 6 *m*. Der Verf. glaubt, dass der See aus der diluvialen Periode stammt und eine beständig überschwemmte Karstpolje vorstellt.

Der See von Ohrida und der Prespa in Makedonien. In einer zum Teile auf eigenen Studien an Ort und Stelle beruhenden Arbeit über die Geomorphologie Makedoniens behandelt Dr. K. Oestreich auch die oben genannten Seen.[1]) Der See von Ohrida hat in der grössten Länge 30 *km*, im mittlern Teile ist er 10 *km* breit, und sein Flächeninhalt umfasst 275 *qkm*. Er gabelt sich in die Buchten von Ohrida und von Struga, die durch ein auf der Gen.-Karte Koparnica genanntes, 1200 *m* hohes Gebirge getrennt werden. Die Bucht von Struga setzt die allerdings verringerte Breite des Sees als Flachland des Drin noch einige Kilometer weit in das Innere des Landes fort; von der Bucht von Ohrida ist nur noch der flach halbkreisförmige Ansatz einer Bai erhalten, die eigentliche Bucht ist bis Kozel, wo die Opančka reka aus dem Gebirge heraustritt, zu einem breiten Flachboden geworden.

Was bei einem Überblicke der Karte des Ohridasees am meisten auffallen muss, ist der fast vollständige Mangel an Zuflüssen, wenigstens solcher, die der Grösse und Tiefe des Sees entsprechen. Doch strömt ihm, gewissermassen aus allen Poren des Gebirges, das Wasser in reichem Masse zu. Im Kalkgebirge des Mali Thot, dem »Trockenen Gebirge«, sinkt das Wasser auf Klüften und Sprüngen in die Tiefe. Unbekümmert um das Einfallen der Schichten, durchsinkt es den einheitlichen Schichtkomplex der mesozoischen Kalke. Die Basis dieser unterirdischen Erosion auf der Westabdachung der Galičica ist der Ohridasee, und so bildet das Steilufer der Ostküste einen wahren Quellenhorizont. Bereits südwestlich von Ohrida, wo jenseits der zum Teile verschilften Bucht die Kalkhügel an den See herantreten, fliesst bei Studenačista unter mächtigen Platanen kaltes, klares Wasser in starken Quellen aus den Kalkfelsen hervor.

Das eigentliche Wunder des Ohridasees sind aber die Quellen von Sveti Naum. Sie bilden einen wahren See von etwa 1 *qkm* Flächeninhalt, den in seinem obern Teile flussartig gewundenen,

---

[1]) Abhandlg. der K. K. geogr. Gesellsch. in Wien 1902. 4. No. 1.

im Unterlaufe seeartig erweiterten Abfluss eines weitausgedehnten Quellenhorizontes.

Der Spiegel des Ohridasees liegt in 687 *m* Seehöhe, und seine Tiefe beträgt bis zu 200 *m*. Er scheint der langsamen Austrocknung und Verlandung zu verfallen.

Der Prespasee bedeckt eine Fläche von etwa 300 *qkm*. Seine Küstenlinie ist entwickelter als die des Ohrida; auch enthält er vier kleine Inseln. Kleine Zuflüsse empfängt er von allen Seiten, besonders wasserreiche auf der Ostseite vom Peristerigebirge herab. Die längste und am meisten verzweigte Wasserader strömt ihm jedoch von Norden zu, also von der Seite her, nach welcher hin der Nachbarsee entwässert wird. Er empfängt hier die Lareka, welche die Gewässer der die Ebene von Resna umgebenden Bergländer sammelt. Mit der reichern Küstengliederung geht auch eine grössere Mannigfaltigkeit der vertikalen Küstenformation Hand in Hand. Ursache für beides ist, dass im Gegensatze zu der einförmigen geologischen Lage des Ohridasees der Prespasee auf einer Formationsgrenze liegt.

»Er stellt in seiner Gesamtheit ein von Wasser erfülltes Becken dar, das zwei Ausgänge hat: einen thalartigen, nur zeitweise vom Wasser benutzten oberirdischen und einen perennierenden unterirdischen Abfluss. Wir haben hier den Fall einer Seebifurkation durch unterirdische Anzapfung, eine typische Karsterscheinung.

In alter Zeit mag der Prespasee seinen Ausfluss durch die Wolfsschlucht von Tren in das Devolthal genommen haben, ein fast stehendes, kanalartiges Gewässer. Erst als die Perioden der Trockenheit häufiger und länger wurden, und dieser flussartige Ausgang allzuoft aussetzen musste, suchten die Wasser des Sees unter dem Drucke, den sie auf die Wände desselben ausübten, einen Ausgang und fanden ihn in dem unterirdischen Abflusse der Bucht von Gorica in das Gebirge.

Wohin der Prespasee abfliesst, ist freilich noch nicht mit Bestimmtheit zu sagen. Allerdings liegt der Ohridasee 200 *m* tiefer, und gerade 15 *km* in der Richtung des Seeabflusses nach Westen befinden sich die Quellen von Sveti Naum. Es hat viele Wahrscheinlichkeit für sich, dass der Ohridasee die Erosionsbasis auch für den Abfluss des Prespasees darstellt. Seine grössere Wassermasse und seine tiefere Lage mögen ihm den Vorzug gegeben haben vor dem von der Bucht von Pustec nur 6 *km* entfernten Maliksee. Aber die Art und Weise und die Anordnung dieser unterirdischen Entwässerung ist uns begreiflicherweise verborgen. Die Meereshöhe des Seespiegels hat sich aus den Ablesungen des Verfassers zu 906 *m* ergeben.

Die abflusslosen Seen auf dem Armenischen Hochlande schilderte Dr. Rohrbach.[1])

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1902. No. 4.

Es giebt dieser Seen drei, die sich gewissermassen um den Ararat gruppieren, nämlich der Urmia- und Wansee, sowie der Gök-Tschai.

Der Urmiasee ist ausserordentlich seicht, im Mittel nur etwa 5 *m* tief und eine jener flachen Depressionen, die sich auf dem Iranischen Hochlande nicht selten finden. »Die Wasserläufe streben von allen Seiten dem Boden dieser abflusslosen Becken zu und bilden dort Seen oder Sümpfe, deren Salzreichtum wegen fehlenden Abflusses des Wassers in steter Zunahme begriffen ist. Gleichzeitig erfolgt der ununterbrochene Transport des Verwitterungsschuttes der umgebenden Gebirge nach dem Boden der Senke zu, wodurch eine allmähliche Ausgleichung der vertikalen Unterschiede stattfindet. Die Folge dieser Verhältnisse ist, dass sich rings um die Gewässer im Zentrum der Becken ausgedehnte Sumpfstrecken bilden, und dass der Stand des Wassers je nach den Jahreszeiten ausserordentlich verschieden ist. Alle iranischen Binnenseen überschwemmen im Frühjahre weithin ihre flachen Ufer und ziehen sich dann bis zum Eintritte der herbstlichen Regenzeit wieder zusammen. So auch der See von Urmia, über dessen Salzgehalt die Angaben zwischen 14 und 28 $^0/_0$ schwanken.

Der See von Wan entstand wahrscheinlich infolge einer grossen vulkanischen Neubildung an seinem jetzigen Westufer, dem Nimrud-Dagh. Früher bildeten sein jetziges Becken und die westlich, jenseits des Nimrud-Dagh, gelegene grosse Ebene von Musch einen zusammenhängenden weiten Thalboden inmitten der umgebenden Gebirge, ähnlich mehrern andern Hochebenen innerhalb der armenischen Gebirgssysteme. In das äusserste Westende dieser grossen Ebene trat der Murad, der linke Quellfluss des Euphrat, ein und verliess sie alsbald wie noch heute durch eine tief eingerissene und enge, unzugängliche Felsenkluft. Der heutige Kara-Su, der die Ebene von Musch bewässert, entsprang damals weit ostwärts in den Bergen, die das alte Thal von Wan umgeben. Jener Ausbruch, welcher den Kraterberg des Nimrud-Dagh aufschüttete, teilte die Ebene in zwei ungleiche Teile und verwandelte die grössere östliche Hälfte in ein ringsum geschlossenes Becken. Die von den umliegenden Bergen herabkommenden Flüsse und Bäche füllten dieses Becken mit Wasser, bis Gleichgewicht zwischen Wasserzufluss und Verdunstung eintrat. Es hätte, wie Dr. Rohrbach bemerkt, nur noch des Steigens des Seespiegels um 15—20 *m* bedurft, um dem See von Wan einen Abfluss nach Süden zu eröffnen. Nach Dr. Beck[1]) hat der Bohtan-Su (der östliche Tigris) einen Zufluss, der südlich vom See von Wan nur 15—20 *m* über dessen heutigem Niveau entspringt und durch die Tauruskette den Weg zum Tigrissysteme hin findet. Diese bedeutsame Thatsache ist lange unbemerkt geblieben. Möglicher-

[1]) Beiträge zur alten Geographie und Geschichte Vorderasiens 2. p. 81.

weise haben Nachrichten aus dem Altertume Recht, die behaupten, der eine Quellarm des Tigris fliesse durch den See von Wan. Da sämtliche Hochlandseen dieser Gegend starke Niveauschwankungen aufweisen, so wäre es denkbar, dass der See von Wan zeitweise ein Niveau gehabt hat, das ihm einen Abfluss an dieser Stelle ermöglichte. Der Salzgehalt des Wansees ist bisher noch sehr gering und beträgt etwa die Hälfte von dem des offenen Meeres.

Der Gök-Tschai (See von Sewan) ist wie der See von Wan durch Abdämmung entstanden. An seiner Stelle breitete sich früher ein zum Araxes hin entwässertes Hochthal aus, dessen Abdämmung durch ausfliessende vulkanische Massen am Westende des heutigen Sees erfolgt. Bei der geringern Grösse des Beckens hat der Wasserzufluss hingereicht, es so weit zu füllen, dass der See heute noch bei Hochwasser einen Abfluss über jenen vulkanischen Damm findet, und dieser intermittierende Abfluss hat hingereicht, das Wasser des Gök-Tschai süss zu erhalten. Der Urmiasee ist fischlos, und im See von Wan lebt nur eine einzige kleine Fischart, während der Gök-Tschai noch einen Überfluss an prachtvollen Forellen hat.

Die Küstenbildung des Aralsees. L. S. Berg machte hierüber auf der 11. Versammlung der russischen Naturforscher (1902) interessante Mitteilungen.[1]) Die äolische Denudation dort wird durch die Trockenheit des Klimas, die Abwesenheit einer Vegetation und die lockere Natur des die Oberfläche bildenden Gesteinsmateriales begünstigt. Durch die Thätigkeit des Windes entstehen, besonders an den Nordufern des Aralsees, Reliefformen ganz ähnlich denen, die Walther in den Wüsten von Ägypten und Arabien beobachtet hat: Tafelberge (Kara-Sandyk und Perowskybucht), Nischen, Amphitheater, Säulen. Durch Einwirkung der Insolation zerfallen die Sandsteinblöcke in zahlreiche scharfkantige Stücke, die allmählich zerstört werden und in Sand zerfallen. Weniger zugänglich einer derartigen Zerstörung sind jene Blöcke, die von einer braunen Schutzrinde bedeckt sind. Mitten in den Sanden bläst der Wind häufig Mulden aus, die sich mit Grundwasser füllen und zu äolischen Seen werden.

Was die Arbeit des Wassers anlangt, so üben die beiden Flüsse Amu-Darja und Syr-Darja infolge der ungeheuren Menge der von ihnen transportierten Sedimente einen merklichen Einfluss auf die Morphologie der Küsten aus. Der Syr-Darja vergrösserte in den letzten 53 Jahren sein Delta um 36 *qkm*, d. h. um 0,7 *qkm* jährlich, wobei es jährlich um 97 *m* vorrückt. Wir können am Aral folgende Küstenformen unterscheiden: 1. im Osten gebuchtete, die stark eingeschnitten, sandig und flach und von zahlreichen Inseln begleitet sind; 2. im Westen glatte, nur wenig durch die Thätigkeit der Ab-

[1]) Geogr. Zeitschrift 1902. p. 595.

rasion modifiziert; 3. im Norden gelappte, durch grössere Buchten in eine Reihe von Halbinseln zerlegt; 4. an den Flussmündungen potamogene, stark entwickelt infolge der intensiven Alluvion durch die Flüsse. Die heutige Morphologie ist im hohen Masse durch die von Berg festgestellte positive Strandverschiebung mitbedingt. Die Zunahme des Wasserstandes beträgt 20,5 *cm* im Jahre, nach einer Vergleichung des Seeniveaus von 1901 mit den Aufnahmen Tillos aus dem Jahre 1874. Durch das Ansteigen des Seeniveaus bilden sich lange schmale Kanäle, die zu den weiten, fast ganz abgeschlossenen Buchten und Seen führen; einer dieser Kanäle erreicht eine Länge von 20 Werst. Auch die ausserordentliche Gliederung der Ostküste ist ein Ergebnis der Meeresingression in ein von äolischen Agenzien modelliertes hügeliges Land. Sehr stark ist die Abrasion an den Nordufern. Trotz ihrer lehmigen Natur sind die Ufer hier ausserordentlich steil, und ihre jährliche Abtragung beträgt mehrere Meter. Endlich ist noch die starke Abrasionsthätigkeit der Eisdecke zu erwähnen, die etwa drei Monate lang den See fesselt.

Der See Telezkoje im Altai ist im Sommer 1901 von P. Ignatow besucht worden.[1]) Er ist eine der Hauptquellen des Ob und liegt etwa 460 *m* über dem Meere. Seine Länge beträgt 78.5, seine Breite zwischen 0.3 und 5 *km*, seine grösste Tiefe 318 *m*. Die Ufer sind sehr steil und bis zu 2000 *m* ansteigend. Die Wassertemperatur betrug Ende Juli nur 4° C. Das Wasser ist sehr klar. Seinen Hauptzufluss erhält der See durch einen in der Nähe der chinesischen Grenze aus einem Bergsee kommenden Strome.

Der grosse Bärensee zeigt bisher auf unsern Karten eine Gestalt, die im wesentlichen auf die Aufnahmen John Franklins zurückgeht. Franklin ging auf seiner zweiten Reise den Mackenzie hinunter, überwinterte an der Südwestküste des Sees und kreuzte ihn dann in nordöstlicher Richtung. Einige weitere Beiträge lieferten später noch Simpson und Dease und Dr. Rae und Richardson, welche letztere 1851 auf ihrer Suche nach Franklin an der Nordostecke des Sees ihr Fort Confidence genanntes Winterlager aufschlugen. Dieser also in gewissem Sinne klassische Boden um den Grossen Bärensee ist erst im vorigen Frühjahre und Sommer wieder von einem wissenschaftlichen Reisenden betreten worden, und zwar von einem Mitgliede der Geological Survey von Canada, J. M. Bell, der über seine Reise im Septemberhefte des »Geographical Journal« einen Bericht und eine Karte (in 1 : 200 000) veröffentlicht hat. Bell verliess Anfang April Fort Resolution am Grossen Sklavensee, ging den Mackenzie abwärts und erreichte Ende Juni den Grossen Bärensee, dessen Eis bis Anfang Juli noch fest liegen blieb. Hierauf umzog Bell das West- und Nordufer des Sees bis Fort Confidence, wanderte

---

[1]) Petermanns Mittl. 1902. p. 19.

von da zum Kupferminenflusse und diesen abwärts bis zur Küste, kehrte wieder nach Fort Confidence zurück und erforschte das bisher nur ungenügend bekannte Ostufer des Grossen Bärensees. Schliesslich erreichte Bell, die zwischen dem Grossen Bären- und Grossen Sklavensee liegende Seenreihe verfolgend, Anfang September wieder Fort Resolution. Sowohl am Grossen Bärenflusse, welcher den Grossen Bärensee zum Mackenzie entwässert, wie im Grossen Bärensee selber fand Bell alte Hochwassermarken, bezw. Strandlinien, die auf einen Rückgang des Sees schliessen lassen; so liegen die Strandlinien am Nord- und Ostufer des Sees bis zu $2^1/_2$ *km* von der heutigen Wasserfläche entfernt und bis zu 90 *m* höher als sie. Das Ufer im Südosten fällt oft fast senkrecht 300 *m* tief zum See hinab. Die von Rae errichteten Holzhäuser am Fort Confidence fand Bell noch ziemlich unversehrt vor; sie enthielten keine Eisenteile und hatten daher die Eskimos zur Plünderung nicht reizen können. In der Nähe des Forts traf Bell auf ein Eskimodorf, dessen Bewohner beim Nahen der Weissen schleunigst das Weite suchten; man betrat ihre Hütten und fand keinerlei Geräte, die auf Beziehungen mit den Weissen hindeuteten. Südlich vom Grossen Bärensee wohnen die Dogrib-Indianer, die dort grosse Verheerungen unter dem Caribou, dem amerikanischen Rentiere, anrichteten, weshalb sich dieses schöne und dem Aussterben nahe Wild immer mehr nach Norden zurückzieht. Das Tierleben ist dort überhaupt sehr reich, und die Bären, nach denen der See seinen Namen führt, kommen überall vor.[1])

Die Callabonna-Salzpfanne in Südaustralien schilderten E. C. Stirling und H. Zietz[2]) auf Grund der Erlebnisse der dorthin entsandten Expedition. Die Pfannen bilden in der Kolonie Südaustralien, im Norden von Adelaide, ein System von der Form eines nach N konvexen Bogens, welcher den nördlichen Teil der meridionalen Flinderskette einschliesst. Eine der kleinern östlichen Pfannen dieses Systems ist die früher Lake Mulligan, jetzt Lake Callabonna genannte, auf welche sich die vorliegende Arbeit bezieht. Mehrere gewöhnlich ganz trockene, stellenweise deutlich als intermittierende Wasserläufe erkennbare Gräben und flachere Senkungen führen von der Flinderskette im W und dem gewöhnlich ganz wasserlosen Barcooflusse im N in die Callabonna-Pfanne hinein, ausserdem steht sie durch eine Depression mit der weiter südlich gelegenen Pfanne des Lake Frome in Verbindung. Die Callabonna-Pfanne dürfte etwas unter dem Meeresniveau liegen, sie ist meridional in die Länge gestreckt, etwa 80 *km* lang, im N 16 und im S 5—8 *km* breit. Ihr Boden liegt nur wenig tiefer als die Umgebung. In dieser Pfanne findet sich

---

[1]) Globus **80**. p. 248.

[2]) Mem. R. S. South Australia **1**. p. 41. Kurzer Auszug in Petermanns Mitteilungen 1902 von R. v. Lendenfeld, Litteraturbericht p. 197, woraus oben der Text.

ein System von meridional verlaufenden Sanddünen, die eine Höhe von 10 *m* erreichen. Der Boden der Pfanne besteht aus einer oberflächlichen, etwa 30 *cm* dicken Schicht von rotem, sandhaltigem Lehme. Darunter folgt eine etwa 60 *cm* mächtige Schicht von blauem, sandfreiem Lehme, dann eine dünne Flugsandschicht und dann wieder blauer Lehm. Die Oberfläche ist mit weissen Salzeffloreszenzen bedeckt. Nach den seltenen, ausgiebigern Regenfällen ist der Boden der Pfanne vielerorts ein äusserst klebriger, schwer zu passierender Morast. Die Kamele, welche die Callabonnaexpedition begleiteten, versanken in diesem Moraste zuweilen derart, dass sie sich nicht selbst befreien konnten und ausgegraben werden mussten. Während des Aufenthaltes der Expedition in der Callabonna-Pfanne trieb die Trockenheit grosse Scharen von Kaninchen nach den tiefern, feuchtern Stellen, wo sie die in kleinen Tümpeln und Bodenspalten zurückbleibende Salzlake aufsuchten, um ihren Durst zu stillen. Viele starben, ohne dieses Wasser zu finden, die andern infolge des Genusses desselben. Die massenhaft in der Umgebung des Lagers verendeten Kaninchen, deren Leichen dort faulten, verpesteten die Luft derart, dass die Mitglieder der Expedition sie fortwährend begraben mussten, um sich einigermassen vor dem Gestanke zu schützen. Es wurden täglich ungefähr 50 in der nächsten Nähe des Lagers verstorbene Kaninchen beerdigt. Und so wie jetzt die Callabonna-Pfanne eine böse Tierfalle ist, ist sie es auch in der Pliocänzeit gewesen: ungeheure Mengen der damals lebenden Tiere sind in ihrem zähen Lehme stecken geblieben oder durch die trügerische Hoffnung, dort ihren Durst stillen zu können, dahin gelockt worden und dort verendet. Allenthalben erfüllen die Knochen solcher ausgestorbener Tiere, des Diprotodon australis, des Genyornis Newtoni u. a. in grossen Massen die über dem Flugsande gelegene Lehmschicht, und vielerorts findet man mehr oder weniger metamorphosierte Skelette von solchen Tieren, welche frei zu Tage liegen. Der unter dem Flugsande befindliche Lehm ist frei von Knochen. Um solche Knochen zu sammeln, entsandte das Adelaider Museum eine Expedition nach der Callabonna-Pfanne, welche längere Zeit dort verweilte und eine reiche paläontologische Ernte einheimste.

Gletscher und Glazialphysik.

Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der Schweiz.

Während für die Ostalpen Eduard Richter schon 1888[1]) die Lage der Schneegrenze eingehend verfolgt hat (Rhätische Alpen 2900 *m*, Stubaier Alpen und Tauern 2800 *m*, Zugspitze, übergossene Alp, Dachstein 2500 *m*), fehlt eine ähnliche Darstellung der Schneegrenze in der Schweiz. Diese Arbeit hat nun Dr. J. Jegerlehner in muster-

[1]) in seinem Werke: „Die Gletscher der Ostalpen“.

hafter Weise durchgeführt.[1]) Das von ihm in Betracht gezogene Gebiet erstreckt sich von der Dent de Midi im Westen bis zu den Spöllalpen im Osten, und auf diesem bedecken die gesamten Gletscher einen Flächenraum von 2029 *qkm*. Davon fallen 188 *qkm* auf italienischen Boden, indem namentlich die Matterhorn-, Monte Rosa-, Blindenhorn-, Disgrazia- und Berninagruppe über die Landesgrenze hinübergreifen. Zieht man diesen Betrag von der Gesamtsumme ab, so verbleiben für die Vergletscherung der Schweiz 1841 *qkm*. Diese Zahl weicht fast gar nicht von derjenigen ab, die im Jahre 1877 vom schweizerisch-statistischen Bureau durch Messung auf den Blättern des Sigfriedatlas erhalten wurde (1838,8 *qkm*)[2]). Man hätte eine weit grössere Differenz, und zwar in anderem Sinne erwarten können, da die Gletscher nach 1877 zurückgegangen sind. Allein dieser Rückgang konnte in des Verf. Zahlen nicht zur Geltung kommen, da die Gletscherenden nur auf einigen Blättern nach 1877 neu aufgenommen, resp. korrigiert wurden. Die Gleichheit des Resultates führt sich also darauf zurück, dass des Verf. Messung zum allergrössten Teile auf den gleichen Kartenblättern erfolgte, wie die des statistischen Bureaus. Die Zahl der Gletscher in den Schweizeralpen beläuft sich auf 1077; dabei sind auch die Firnflecken, die keinen Namen tragen, mit einbegriffen. Thalgletscher zählten wir 174. Auf italienisches Gebiet fallen im ganzen 104 Gletscher.

Bei Feststellung der Lage der Schneegrenze müssen die Begriffe lokale und klimatische Schneegrenze scharf auseinander gehalten werden. Auf erstere wirkt zunächst die Bodengestalt, dann die Exposition des Gletschers, so dass z. B. auf der Südseite der Alpen infolge der Insolation die Firnmassen bis weit hinauf abgezehrt werden, und Kämme, deren nördliche Abdachung völlig unter Eis liegt, auf der Südseite mit Vegetation bedeckt sind. Im südlichen Alpenzuge tritt die Differenz viel kräftiger und auffallender hervor als im nördlichen, in beiden Zügen am schärfsten in den höchst gelegenen Gebirgsmassiven des Finsteraarhorns, des Monte Rosa und des Bernina. Die Ursache hierfür liegt darin, dass mit wachsender Höhe sowie mit dem Vorschreiten nach Süden die Insolation zunimmt und damit die Differenz zwischen Schattentemperatur und Temperatur in der Sonne. Diese lokalen Einflüsse bestimmen die Höhe der lokalen Schneegrenze. Dieselben kann man eliminieren, indem man für ganze Gruppen das Mittel bildet und auf diese Weise zur klimatischen Schneegrenze gelangt. Über die Lage der klimatischen Schneegrenze orientiert eine vom Verf. gegebene Tabelle. Zur Veranschaulichung und raschen Übersicht hat er jedoch auch eine Karte der Schneeisohypsen (Pencks-Isochionen) entworfen, indem er die Gebiete mit

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 5. p. 486.

[2]) Statist. Jahrbuch d. Schweiz 1891. 1. p. 3 und Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885. p. 76.

gleichhoher Schneegrenze durch Linien verband, also Linien gleicher Höhe der Schneegrenze zog, und zwar von 100 zu 100 *m*. Hierbei wurden kleine Unregelmässigkeiten der Kurven ausgeglichen.

Auf der Karte macht sich nun sofort eine Reihe von Thatsachen geltend: einmal die durch die Isohypsen scharf ausgeprägten riesigen Unterschiede in der Höhe der Schneegrenze von Ort zu Ort auf dem Boden der Schweiz. Während die Schneegrenze am Säntis bei 2400—2450 *m* liegt, befindet sie sich in der Monterosagruppe in 3260 *m*. Es ergiebt sich also die Thatsache, dass im Gebiete der Schweizeralpen der tiefste und der höchste Stand der Schneegrenze um 800 *m* auseinander liegt.

Es ändert sich die Höhe der Schneegrenze deutlich in der Längsrichtung des Gebirges. Sieht man von den nördlich vorgelagerten Gruppen ab, so bewegt sich im nördlichen Zuge der schweizerischen Alpen die klimatische Schneegrenze innerhalb einer Höhenzone von 350 *m* Mächtigkeit auf und ab, d. h. zwischen 2950 und 2600 *m*. Von der Dent de Morcles-Moeverangruppe im Westen steigt sie über das Wildhorn-, Wildstrubel- und Balmhorngebiet immer höher empor, bis sie im Finsteraarhorn kulminiert. Von hier senkt sie sich plötzlich um 200 *m* ins Triftgebiet herab, um weiter östlich mit dem Niedrigerwerden der Gebirgsmassive noch weiter hinunter zu steigen. Am Ostende des Zuges, in der Sardonagruppe, liegt sie in 2630 *m*. Sie fällt also von der Zentralmasse des Finsteraarhorns nach W und O, doch ungleichmässig. Sie folgt daher durchaus der Massenerhebung der Gruppen, steigt und fällt mit dieser.

Im südlichen Alpenzuge beginnt die Schneegrenze auf der Schweizerseite der Dent du Midi gleich in 2900 *m* Höhe, steigt dann über die Montblanc-, Combin-, Arolla-, Matterhorngruppe an und kulminiert in der erstaunlichen Höhe von 3260 *m* im Monte Rosamassiv; dann fällt sie über die Fletschhorn-, Monte Leone- und Blindenhorngruppe ab und erreicht im Gotthard-Basodinogebiete den tiefsten Stand (2700 *m*), hebt sich über der Camadra-, Rheinwaldhorn- zur Tambohorngruppe etwas und senkt sich über die Suretta- zur P^zo^ Stellagruppe noch einmal auf denselben Stand wie im Gotthardmassiv; dann folgt noch einmal eine Hebung, indem die Schneelinie sowohl nördlich der Innthalfurche über Piz d'Err, Piz Kesch und Piz Vadred zur Silvrettagruppe, als auch südlich derselben über die Disgrazia zum Berninamassiv ansteigt. Die Penninischen Alpen einerseits, die Rhätischen Alpen anderseits sind Gebiete der höchstgelegenen Schneegrenze. Sie bewegt sich hier im südlichen Alpenzuge um einen grössern Betrag auf- und abwärts wie im nördlichen, nämlich um 560 *m*.

Die Schneelinie sinkt aber auch in der Richtung senkrecht dazu von den zentral gelegenen Gebirgskomplexen gegen den nördlichen Alpenrand hin. Die Höhenzahlen 2950 (Finsteraarhorn), 2750 (Trift), 2610 (Titlis), 2560 (Urirothstock), 2500 (Glärnisch) und 2400—2450 (Säntis) bezeichnen den starken Abfall. Die Differenz macht sich

hier stärker geltend, weil der Unterschied der Massenerhebung grösser ist. Im Triftgebiete erheben sich noch Gipfel von 3500 und 3600 *m*, im Titlis ragt ein einziger bis zu 3200 *m* auf, im Urirothstock giebt es schon keinen 3000er mehr. Im Glärnisch erreicht die höchste Spitze kaum 2900 m und im Säntis sogar nur 2500 *m*. Vom Säntis gegen den Gotthard und von hier nach Süden beträgt der Anstieg der Schneegrenze viel weniger, nämlich 250—300 *m*.

Die Gebiete stärkster Massenerhebung, die Walliser Berge wie das Engadin, haben die höchste Schneegrenze, das viel niedrigere Gebirge um den Gotthard herum eine viel tiefere, ebenso die niedrigen Bergzüge am Nordsaume der Alpen. Man kann geradezu aussprechen: je grösser die Massenerhebung, desto höher die Schneegrenze, ein Resultat, das Imhof auch für die Waldgrenze gefunden hat.

Die Ursache der Differenzen in der Höhe der Schneegrenze von Gruppe zu Gruppe entsprechend der Massenerhebung, findet Verf. in der Abhängigkeit von Niederschlag und Temperatur. Bisher nahm man besonders nach dem Vorgange von A. Woeikoff an, dass die absolute Niederschlagsmenge unter den die Schneegrenze bestimmenden Faktoren der wichtigste sei. Wenn man auch der Temperatur einen gewissen Einfluss zuerkannte, so wurde dieser in seiner Bedeutung doch geringer geschätzt. Dem Verf. scheint eher, dass gerade die Temperatur der ausschlaggebende Faktor ist. Ein Vergleich der Karte der Schneeisohypsen mit der Regenkarte der Schweiz von Billwiller, zeigt die relative Unabhängigkeit der Höhe der Schneelinie von der Niederschlagsmenge.[1]) Maxima der Regenmenge von ungefähr gleichem Betrage finden sich im Finsteraarhorn- (über 200 *cm*), Rheinwaldhorn- (220 *cm*) und Säntisgebiet (200 *cm*), also in Gebirgsmassiven, wo die Schneegrenze sehr verschieden hoch steht. In der Finsteraarhorngruppe liegt sie hoch (2950 *m*), am Rheinwaldhorn mittelhoch (2760 *m*) und am Säntis ganz tief (2450 *m*). Das beweist, dass die Niederschlagsmenge wenigstens in den Alpen für die Lage der Schneegrenze von geringerem Einflusse ist als die Temperatur. Wir dürften in den Alpen dieselben Erscheinungen finden wie in den Plateaulandschaften, wo in gleicher Seehöhe die Temperatur grösser ist als in der freien Atmosphäre. Es findet im Bereiche der hochgelegenen Gebirgsgruppen eine Hebung der isothermischen Flächen statt, speziell in den Sommermonaten. Das bewirkt für gleiche Höhe erstens eine Abnahme des Anteiles des Schnees am gesamten Niederschlage, d. h. auch bei gleich grossem Niederschlage eine Minderung des Schneefalles. Zweitens aber nimmt die zur Schneeschmelze disponible Wärmemenge zu. Es wird daher in gleicher Höhe, in welcher in hohen Gebirgsteilen der Schnee noch geschmolzen werden

[1]) La répartition des pluies en Suisse par R. Billwiller, Archives des Sc. phys. et nat. Genève 1897. Allerdings kennen wir die Regenmenge der Hochgebirgsregion nur schätzungsweise, wie Billwiller selbst betont, weil Beobachtungstationen hier sehr spärlich sind.

kann, in Gruppen mit geringer Massenerhebung bei ebenso grossem Schneefalle noch Schnee liegen bleiben.

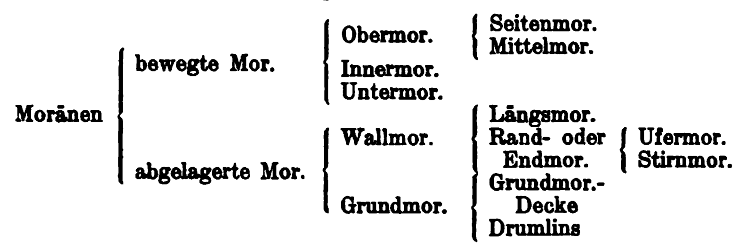
Moränen und Diluvialterrassen in Khanat Bochara schildert A. v. Krafft.[1]) Reste alter Moränen wurden beobachtet am Pandsch, wo von Dschorf an eine breite, etwa 100 *m* über dem Flusse gelegene Terrasse den Pandsch auf seinem rechten Ufer in der Richtung gegen den Kaiwanpass begleitet. Eine aufliegende Moräne ist durch einen Seitenbach angeschnitten. Moränenreste kommen vor auf einem Passe zwischen Reswai und Chevron, 1400 *m*, ferner bei Kala-i-Chumb auf dem rechten Ufer in etwa 1500 *m*, ebenso auf dem linken Ufer gegenüber Kala-i-Chumb am Knie des Pandsch eine etwa 1 *m* breite Terrasse. Der Pandsch fliesst heute etwa 100—200 *m* unter dem Niveau des alten Pandschgletschers. Die bisher erwähnten Moränenreste sind aller Wahrscheinlichkeit nach Grundmoränen. In das Thal des Karatagh-Darja reicht bei Labi-Dschai aus einem westlichen Seitenthale eine bedeutende Moräne herab, welche vom Flusse durchsägt ist. Der See Timur-dera-Kul nordöstlich von Chakimi in einem linken Seitenthale des Karatagh-Darja wird durch eine Endmoräne gedämmt. Am Iskander-Darja beobachtete der Verfasser zwei durch Endmoränen hergestellte, steil abfallende Querstufen. Rings um den See ziehen etwa 50 *m* über dessen Wasserspiegel deutlich ausgeprägte alte Uferlinien. Im Thale Passrut-Su liegen analoge Querstufen in 2100 *m* und 2300 *m*. Ein östlicher Nebenfluss des Woru zeigt eine seenbedeckte Querstufe westlich unterhalb des Lailakpasses in 2890 *m*.

Die Moränen. Schon längst war es Bedürfnis, alles, was über Moränenkunde geschrieben worden ist, in einer historisch-zusammenfassenden und wissenschaftlich-kritischen Form darzustellen. Diese grosse und schwierige Arbeit hat Dr. August Böhm von Böhmersheim durchgeführt. Seine umfassende Darstellung wird auf lange Zeit hinaus für alle speziellen Fragen ein unentbehrliches Quellenwerk bilden. Folgendes ist eine kurze Analyse desselben.[2]) Bekanntlich wird der Gesteinsschutt am Ende vorstossender Gletscher mit dem Namen End- oder Stirnmoräne bezeichnet, während die Schuttwälle, die infolge der Bewegung des Eises sich an den Rändern desselben in lange Reihen ordnen, Seitenmoränen genannt werden. Wo aber zwei Gletscher sich vereinigen und die innern Seitenmoränen mitten auf dem nun gemeinsamen Gletscher als eine einzige Schuttlinie erscheinen, führt diese den Namen Mittelmoräne. Auch am Boden, unter einem sich abwärts bewegenden Gletscher, finden sich Trümmer und Geschiebe, die meist durch den Druck des Eises zu feinem

[1]) Denkschrift d. Wiener Akademie. Mathematisch-Naturw. Klasse 70. Durch Globus 81. und Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 1902. p. 553.

[2]) Das Werk ist in den Abhandlungen der K. K. Geogr. Ges. in Wien erschienen als 4. Stück des III. Bandes unter dem Titel Geschichte der Moränenkunde von Dr. August Böhm Edlen von Böhmersheim. Wien 1901.

Sande oder Schlamme zermalmt sind; sie führen den Namen Grundmoräne. Auf der im August 1899 in der Schweiz abgehaltenen Gletscherkonferenz ist bezüglich der Einteilung und speziellen Benennung der Moränen eine bestimmte Normenklatur angenommen worden, die sich in das folgende Schema zusammenfassen lässt:



Die früheste Andeutung der Moränenbildung findet sich 1606 in Hans Rudolph Räbmanns Gedicht »Gespräch zweyer Bergen«, wo es vom Untern Grindelwaldgletscher heisst:

»Bey Petronell am berg fürwar
Ein grosser Glettscher hanget dar /
Hat gantz bedeckt dasselbig ort
Mit Heusren muss man rucken fort.
Stosst vor im weg das Erderich
Bōum / Heuser / Felsen / wunderlich.«

J. A. De Luc erwähnt die Mittelmoränen und gesteht, dass er nicht wisse, wie sie entstanden sein mögen, Gruner dagegen meinte, dass sie durch Zusammenschwemmung des beiderseits im Sommer oder bei Föhnwind auf den Gletscher strömenden Wassers zu erklären seien. Die wichtigste Bereicherung des Wissens über die Moränen findet sich in Saussures berühmtem Werke (1779). Die heute ganz allgemein verbreitete Benennung dieser Erscheinung findet sich hier zum ersten Male richtig in der Litteratur verzeichnet. Von wesentlicher Bedeutung ist dabei, dass sich die Beschreibung Saussures einzig und allein auf jene Moränenarten bezieht, die man heute Ufermoränen und Stirnmoränen nennt, also auf die von dem Gletscher wallartig abgelagerten Moränen, nicht aber auf die auf dem Gletscher von diesem mitgeführten Oberflächenmoränen; und dasselbe gilt daher auch von dem Worte Moräne in seiner ursprünglichen Bedeutung.

F. J. Hugi unterscheidet in seinem 1830 erschienenen Buche: »Naturhistorische Alpenreise,«: »Gufferlinen« und »Gletscherwälle«. Unter den ersten versteht er die Oberflächenmoränen (Mittel- und Seitenmoränen), unter den zweiten die Umwallungsmoränen (Stirn- und Ufermoränen). Er sagt: »die Gufferlinien sind zusammenhängende, über die Gletscher auslaufende Schuttlinien.« Bei vielen Gletschern, »welche jederseits eine Gufferlinie, aber mehr am Rande als auf der Mitte tragen, wird der Schutt bald beiderseits über die Ränder geschoben und zu sogenannten Gletscherwällen aufgehäuft.« Hier ist also deutlich zwischen Seitenmoränen (»Gufferlinien«) und Ufermoränen (»Gletscherwällen«) unterschieden. Von den Gufferlinien bemerkt er

ferner, dass sie in der Firnregion, wo sie von Jahr zu Jahr mit neuem Firn bedeckt werden, noch nicht über die Firnfläche erhaben sind, sich tiefer unten aber mehr und mehr über die Oberfläche des Gletschers erheben. »Gegen den Ausgang der Gletscher« aber »sinkt die oft gegen 80 Fuss hohe Gufferlinie wieder ganz zur Gletscherfläche herab.« Die Erhebung der Gufferlinien erklärt er durch »Ausdünsten der Gletscher, wenn man es so nennen will,« und ihr Auftauchen an der Firnlinie dadurch, dass eben dort die Umbildung des Firnes in ausstossendes Gletschereis die Oberfläche erreiche. Hugi leugnete, dass die Gletscher an der Oberfläche schmelzen; er glaubt auch an eine ausstossende Kraft des Eises.

Die Erscheinungen bei einem Gletschervorstosse hatte Hugi im Jahre 1828 am Oberaargletscher Gelegenheit zu beobachten. Er berichtet: »Wohl eine Viertelstunde dem Zinkenstock nach hat er bereits zwei alte Gletscherwälle zurückgeschoben, zerstört und über ihre alte Basis sich hinausgedrängt. Nun aber hat er den Berg erreicht, an dessen Fusse er mit solcher Kraft sich drängt, dass er im Andrange selben kräftig aufwühlt. Der ganzen Länge nach, da der Zinkenstock entgegen sich stemmt, treibt er nun die Erdmasse und gewaltige Felslasten wellenförmig auf. Wall über Wälle hebt sich empor, und die letzten so frisch, dass man glauben sollte, erst diese Nacht wären sie emporgestiegen. Felsen werden dabei abgebrochen oder zerrieben oder übereinander aufgestossen. Die Gewalt, welche hier die sich ausdehnende Gletschermasse ausübt, übersteigt wirklich alle Begriffe.«

Böhm v. Böhmersheim bemerkt, dass Hugi wohl der erste Gletscherforscher gewesen sei, der Beobachtungen halber eine grössere Strecke unter einem Gletscher vorgedrungen ist. Er that dies Mitte September 1828 am Urazgletscher unter dem Titlis.

Im Jahre 1837 hat L. Agassiz zuerst mit Nachdruck hervorgehoben, dass die Gletscher auch an ihrer Unterfläche Schutt transportieren und ihn dabei in Geschiebe umwandeln; er beschreibt ganz zutreffend eine alte, eiszeitliche Grundmoräne. »Dass die »Entdeckung« der Grundmoräne gegenwärtig so häufig Charles Martins zugeschrieben wird, sagt Böhm v. Böhmersheim, kommt daher, weil dieser erst jene Bezeichnung hierfür ersonnen hat. In Wirklichkeit ist Martins nicht der wissenschaftliche Vater, sondern nur der Pate der Grundmoräne. Sind wir auch schon bei mehrern ältern Forschern auf Äusserungen gestossen, die den Gedanken an etwas wie an eine Grundmoräne notwendig in sich schliessen, so hat doch Agassiz deren wesentlichen Erscheinungen zuerst näher erfasst und gekennzeichnet.« Louis Agassiz ist überhaupt derjenige Forscher, welcher eigentlich die moderne Gletscherkunde begründet hat, und durch ihn wurde auch die Bezeichnung Mittelmoräne in die Wissenschaft eingeführt. Er betonte (1838), dass die beiden sich vereinigenden Gletscher nicht miteinander verschmelzen, sondern dass jeder Gletscher seine eigene Bewegung behält, und dass sie durch die aus den beiden Seiten-

moränen entstandene Mittelmoräne voneinander getrennt erscheinen. Wenn aber die Geschwindigkeit der beiden Gletscher zu ungleich ist, »il en résulte comme un dédoublement de la moraine, et on aperçoit alors deux ou trois traînées parallèles, comme dans le glacier de l'Aar.« Auch beschreibt er genau die Erscheinungen der Grundmoräne, die Charles Martins 1842 benannt und 1847 näher geschildert hat. Ferner bemerkt Agassiz, dass kleine Steine infolge der Erwärmung durch die Sonne in das Eis einsinken. Als Frucht fünfjähriger Forschungen erschien 1840 das viel bewährte Werk von L. Agassiz »Studien über die Gletscher« und ein Jahr später Jean de Charpentiers »Versuch über die Gletscher«, ein Buch, das nach dem Urteile B. v. Böhmersheims in mancher Hinsicht gehaltvoller und tiefer durchgearbeitet ist als die Schrift von Agassiz. Charpentier leitet die Mittelmoränen nicht notwendig aus der Vereinigung zweier Seitenmoränen ab; es genügt ihm die Vereinigung zweier Gletscherarme, von denen nur der eine schutttragend ist. Ist es der andere auch: desto besser. J. de Charpentier meinte auch, dass sich die Mittelmoränen nur auf seitlich eingeengten Gletschern als solche erhalten können; breitet sich der Gletscher aus, so thun die Mittelmoränen desgleichen und überdecken fächerförmig mit Schutt des Gletschers Ende.

Das Erscheinen von vordem in der Gletschermasse eingeschlossen gewesenen Steinen an der Oberfläche erklärte J. de Charpentier durch die vereinigte Wirkung der durch die vermeintliche Dilatation bewirkten stetigen Aufquellung des Gletschers, der Abschmelzung und der thalabwärts gerichteten Bewegung. Dass die Firnmassen in ihrem Innern häufig Erde, Sand und kleinere oder grössere Steine enthalten, giebt J. de Charpentier zu, meint aber, dass dies alles später an die Gletscheroberfläche gelange. Die Sandschichten, die man oft ganz unten am Gletscherende im Eise bemerke, hätten einen andern Ursprung und rührten von dem Sande und Schlamme her, den die Gletscherbäche mit sich geführt und in wenig geneigten Sprüngen oder Klüften abgesetzt hätten.

J. de Charpentier weist auch darauf hin, dass vor einem zurückweichenden Gletscher keine Moränendämme entstehen, da der vom Gletscher auf seiner Oberfläche herabgetragene Schutt entsprechend dem Schwinden auf einer sich rückwärts immer weiter ausdehnenden Fläche abgelagert wird. Ferner sagt er, dass bei Gletschern, die auf einem steilen Abhange enden, die Stirnmoräne nicht am Gletscherende, sondern erst am Fusse des Abhanges zur Ablagerung gelange. Auf die Erscheinung der Grundmoräne ist von J. de Charpentier nur wenig eingegangen worden.

Arnold Escher von der Linth hat sich 1842 über die Verhältnisse am Untergrunde der Gletscher geäussert. Nach seinen Beobachtungen sind es besonders die am Rande und an den untern Flächen des Gletschers in das Eis eingefrorenen Gesteinsstücke, welche die Abrundung und Ausfurchung des Gesteins bewirken.

Im Jahre 1843 erschien die wichtige Arbeit von J. D. Forbes über die Savoyer Alpen und 1847 das letzte Werk von Agassiz über die Gletscher, dann 1854 Albert Moussons Buch »Die Gletscher der Jetztzeit«, welches das damalige Wissen über dieselben zusammenfasst. Er unterscheidet: »Seitenmoränen oder Gandecken, Endmoränen, Mittelmoränen oder Guffermoränen, endlich Grundmoränen. Den Ursprung der Grundmoränen«, sagt Mousson, »muss man übrigens mehr in den Schuttanhäufungen der Oberfläche als in einer Zertrümmerung der Felsen unter dem Gletscher suchen, welche durch die lange Wirkung des Eises längst zu einem regelmässigen Bette ausgeglichen worden sind.« Er verweist aber darauf, dass von den Gufferlinien nur wenig Schutt auf den Grund des Gletschers gelangen könne, da die Spalten gleichzeitig mit dem trümmerbeladenen Eise fortrücken und zudem nur selten bis auf den Grund hinabreichen; er schliesst sich der Ansicht von Agassiz an, dass die Grundmoräne hauptsächlich von den »Randmoränen« stamme. An eine auch nur einigermassen beträchtlichere, erosive Wirkung des Gletschers glaubt Mousson nicht. Friedrich Simony schilderte 1872 den Vorgang der Moränenbildung eingehend. Wie v. Böhm zusammenfassend darstellt, betont Simony, dass das Material der Seitenmoränen dreierlei Ursprung habe. Es bestehe zunächst aus dem Schutte, der unmittelbar auf die Gletscherzunge falle; dazu geselle sich der Schutt, der höher oben auf den Firn gefallen, durch Ablagerung neuer Firnschichten in das Innere des Gletschers gelangt sei und erst unterhalb der Firnlinie nach und nach wieder ausschmelze. Ein weiterer Zuwachs bestehe aus dem Schutte, den der Gletscher selbst von den Wandungen seines Bettes losbricht, sowie aus all jenem Detritus, den der Gletscher bei seinem Vordringen bereits an Ort und Stelle antrifft. Daher komme es auch, dass in den Seitenmoränen eckiges und gerundetes Material gemengt sei. Besonders hervorgehoben wird der Umstand, dass in dem Falle, wenn sich zwei Gletscherarme noch über der Firnlinie vereinigen, die Mittelmoräne zwar erst weiter unten auf der Gletscherzunge zu Tage tritt, dass aber nichtsdestoweniger ihr Material »in den übereinander lagernden Firn- und Eisschichten der zusammenstossenden Flanken der beiden Gletscherzuflüsse bereits von deren erster Vereinigungsstelle an bewahrt liegt.« Wenn sich die beiden Gletscher nach ihrer Vereinigung nicht mit derselben Geschwindigkeit bewegen, so können auch die an der Berührungsfläche noch im Eise eingeschlossenen Teile der Mittelmoräne durch Reibung abgenutzt und mehr oder minder geglättet werden.

Über die Grundmoräne bemerkt Simony, dass darin »grosse Blöcke nur verhältnismässig spärlich auftreten, dass dagegen die weitaus vorwiegende Masse aus Schlamm, Sand und kleinen Steinsplittern, dem Zermalmungs- und Schleifprodukt des hier mit voller Kraft operierenden Gletschers besteht.« Das Material der Grundmoräne stammt nach Simony zum Teile von dem auf dem Grunde

des Gletschers schon ursprünglich vorhanden gewesenen Schutt, zum Teile von der erodierenden Thätigkeit des Gletschers; ferner daher, »dass durch das auch von unten stattfindende Abschmelzen der Gletschermasse immer neue, in der letztern eingeschlossen gewesene Schuttpartikel frei werden«, sowie endlich von dem Schutt, der von der Oberfläche des Gletschers durch Klüfte auf den Grund gerät.

Albert Heim in seinem »Handbuch der Gletscherkunde« (1884) unterscheidet: A. Moränen auf der Oberfläche der Gletscher (1. Seitenmoränen, 2. Mittelmoränen); B. die Grundmoräne, deren Material nach seiner Ansicht bei sehr vielen Gletschern (Alpen, Himalaya, Neuseeland) zum grössten Teile von den »Obermoränen« stammt, sodann aus dem »schon vor der Vergletscherung abgewitterten und im nun vergletscherten Thale in loco oder auf Umladungsplätzen angehäuften Schutt«; ein »Abarbeiten des anstehenden Untergrundes« lässt Heim »fast nur in Form von Schleifschlamm und Schleifsand« gelten.

Bezüglich der Frage, ob Grundmoräne zur Oberflächenmoräne werden könne, neigt Heim zur Bejahung. Die Ansicht, dass manche Mittelmoränen durch Empordrängen von Grundmoränenmaterial zwischen den zusammenfliessenden Gletscherarmen entstehen, scheint ihm »um so eher denkbar, als es sich dabei nicht stets um Trümmer des tiefsten Gletscherbettes, sondern auch um solche handeln kann, welche an den Seitenwänden der Gletscherarme eingeschlossen lagen.« Er berichtet ferner, dass das Auftreten von Sand, Schlamm und auch kleinern Steinen mitten auf der Zunge des Rhônegletschers auf Ingenieur Held »den Eindruck machte, als seien diese Materialien vom Grunde aufgenommen.« C. Endmoräne. Diese entsteht nach Heim am Gletscherende durch Ausfegung der Grundmoräne und durch Ablagerung des Oberflächenmoränenschuttes. »Bei den Endmoränen jetziger alpiner Gletscher übertrifft in der Regel das Obermoränenmaterial dem Quantum nach sehr bedeutend dasjenige der Grundmoräne; der umgekehrte Fall kommt indessen in den Alpen ebenfalls vor.« Bei vielen eiszeitlichen Endmoränen »herrschen meistens die Grundmoränentrümmer, worunter viel ausgeschürfter Kies, vor.«

Eduard Brückner beschrieb 1886 die Grundmoräne alpiner Gletscher als eine »Eisschicht, die ganz und gar mit Gesteinsfragmenten und Schlamm imprägniert ist; sie erscheint als ein Konglomerat mit eisigem Bindemittel. Die Geschiebe sind bald grosse Blöcke, bald nur kleine Brocken. Die Mächtigkeit der Grundmoräne ist sehr verschieden; sie betrug am Stampflkees, einem Hängegletscher des Olperer im Zillerthale, 4—5 *m*, eine Mächtigkeit, die wohl nicht allzuoft erreicht werden dürfte.« »Diese mit dem Gletscher fest zusammengefrorene Grundmoräne wird, eigentlich selbst einen Teil des Gletschers bildend, vom Gletscher unter dem Drucke der auf ihr lastenden Eismassen über den Untergrund hinweggeschleift.« »Schmilzt die Grundmoräne aus dem Eise heraus, in einer Lage, in der sie von fliessendem Wasser nicht erreicht und gewaschen werden kann, so

stellt sie sich als ein ungeschichtetes Schlammlager dar, in dem unregelmässig die Gletschergeschiebe eingelagert sind. In dieser Form hat sie sich uns aus der Diluvialzeit erhalten.« Brückner ist der Ansicht, dass die Grundmoräne ihr Material »nicht ausschliesslich aus der Oberflächenmoräne« bezieht, vielmehr solches »aus dem Gletscherbette empfängt, teils indem sie bereits vorhandenen Schutt sich einverleibt, teils indem sie selbst Fragmente des Gletscherbodens losbricht.«

Von den zahlreichen sonstigen Beiträgen zur Moränenkunde sind diejenigen Finsterwalders, Eduard Richters und besonders die Beobachtungen von E. v. Drygalski an den grönländischen Gletschern von Wichtigkeit.

Eine besondere Art von Moränenbildung sind die Drumlins (oder Drums), parallele Hügelreihen, die zuerst James Bryce im Jahre 1833 im nördlichen Irland beachtete und beschrieb. Man hielt sie anfangs für Erzeugnisse grosser Fluten, aber 1864 sprach Maxwell H. Close entschieden aus, dass sie direkt dem Eise zugeschrieben werden müssten, nämlich voreinstigen Gletschern, deren longitudinale Grundmoränen sie seien. Später fand man ähnliche Bildungen auch in Nordamerika, und dort hat zuerst Louis Agassiz sie nachgewiesen. Close hat die Drumlins mit den Sand- und Schotterbänken von Flüssen verglichen, andere Forscher wollen sie auf die Erosion alter Grundmoränenmassen durch Gletscher zurückführen. A. v. Böhm hält beide Entstehungsweisen für möglich, also sowohl Ablagerung als Abtragung. Er vermutet, dass die Drumlins eine bestimmte Ablagerungsform der Grundmoräne darstellen: »einerseits deshalb, weil Geschiebemassen denn doch zunächst immer auf Anhäufung beruhen, anderseits aber auch darum, weil die gegenteilige Vermutung die nach dem heutigen Stande der Forschung nicht nur unbewiesene, sondern auch durch gar keine Anzeichen begründete, daher vollkommen überflüssige Annahme in sich schliesst, dass sich an der Zustandebringung der Drumlins zwei Vergletscherungen beteiligt hätten, die sich zu einander wie »Handlanger« zu »Baumeister« verhielten. Dem Vergleiche der Gletscher mit Flüssen entspricht der Vergleich der Drumlins mit Schotterbänken; daran wird am besten festgehalten, so lange nicht triftige Gründe für das Gegenteil vorliegen. Freilich ist dabei nicht zu übersehen, dass auch die Schotterbänke nicht durchaus reine Ablagerungsformen darstellen. Es ist bekannt, dass die Schotterbänke wandern: an ihrem obern Ende wird Material weggenommen und am untern wieder abgelagert. Etwas ähnliches möchte vielleicht auch bei den Drumlins vor sich gehen.«

Den Gebieten ehemaliger Gletscher geben die Endmoränen einen eigentümlichen landschaftlichen Charakter, auf den H. Bach 1869 beschreibend hinwies. Er betont, »dass der eigentliche Gletscherboden oder das Terrain, welches vom Gletscher bedeckt war, die sogenannte »Grundmoräne«, aus lauter kleinen Hügeln oder Hauf-

werken besteht, die alle in ihrem Innern nur schuttigen Kies, Gerölle, geritzte Steine und Irrblöcke bergen; während zwischen den Hügeln selbst teils kleinere, teils grössere Moorgründe und Torflager sich gebildet haben. Überall bekommt man schon äusserlich den Eindruck eines Schuttgebirges, nirgends trifft man Merkmale einer durch Niederschlag im Wasser entstandenen Formation.« Auch betont Bach den Mangel eines regelmässig verzweigten Flussnetzes. »Dieses Hügelland«, sagt er weiter, »wird nach aussen durch den Zug der Endmoräne begrenzt. Die Endmoräne, eine doppelte Hufeisen- und Halbmondform bildend, erhebt sich wesentlich über das übrige Land, das zur Grundmoräne des Gletschers gehört;« aus ihrer Anhäufung folgert er, »dass der Gletscher eine lange Reihe von Jahren hier gelagert und sich gleich geblieben sein muss.« Er macht ferner auf den »verschiedenartigen Charakter der äussern Oberfläche der Terrainbildungen« inner- und ausserhalb des Endmoränenzuges aufmerksam, wobei er sich dahin äussert, dass in der äussern Zone die Moränen durch Fluten »abgewaschen« wurden.

E. Desor führte nun 1873 zuerst die Bezeichnung Moränenlandschaft ein. Die hierbei zunächst ins Auge gefassten Landschaftsformen entstammten sämtlich dem Gebiete alpiner Vereisung. Dagegen unterschied K. Keilhack 1897 in den durch Grundmoränenablagerung entstandenen Landschaftsformen in Norddeutschland drei Typen: 1. »ausgedehnte Ebenen«, wofür er die Bezeichnung »Grundmoränenebene« vorschlägt; 2. die «Drumlinlandschaft;« 3. die »Moränenlandschaft« im engern Sinne. »Alle drei Typen, die durch Übergänge miteinander verbunden sind, gehören nach ihrer Entstehung unter den gemeinsamen Begriff »Grundmoränenlandschaft«. Die Bezeichnung »Moränenlandschaft für den Typus 3«, sagt er fortfahrend, »hat sich so eingebürgert, dass sie bestehen bleiben muss.«

A. v. Böhm betont schliesslich, dass auf die allgemeine Bezeichnung »Moränenlandschaft« alle Landschaften Anspruch haben, die aus irgendwelchen Moränen gebildet werden, denn, was den Moränen recht ist, sei der Landschaft billig.

Er giebt im letzten Abschnitte seiner grossen Arbeit eine neue Einteilung und Benennung der Moränen. Die eingehende Begründung seiner Klassifizierung muss der Fachmann in dem Werke selbst nachlesen, hier kann nur kurz auf dieselbe eingegangen werden.

A. v. Böhm unterscheidet drei Hauptgruppen: Moränenbildungen durch die fortschreitende Bewegung des Eises, durch die Aufstapelung von Moränenwellen rings um die an Ort und Stelle verharrende Zunge, und endlich die Ausbreitung von Moränendecken bei dem Zurückweichen, dem Schwinden des Gletschers.

Die Bildungen der ersten Art, welche vom Gletscher fortbewegt werden, nennt er Wandermoränen. Die beiden andern Arten der Moräne sind vom Gletscher abgelagert, die einen werden teils auf-

geschüttet, teils ausgeschürft, und sie erhalten deshalb den Namen Stapelmoränen; die andern bleiben nach dem Schwinden der Gletscher zurück und heissen deshalb Schwundmoränen. »Diese Unterscheidung«, sagt A. v. Böhm mit Recht, »ist um so schärfer, als sie auch mit einer örtlichen und zeitlichen übereinstimmt. Das Vorhandensein der Wandermoränen ist an das Dasein des Gletschers gebunden; die Stapelmoränen bezeichnen den Ort, wo die Grenze des Gletschers verweilte; die Schwundmoränen bedecken den Weg, den der geschwundene Gletscher genommen. Hiermit ist für die Einteilung der Moränen ihre Entstehungsweise erschöpft.

Die Wandermoränen sind nach dem Orte ihres Auftretens entweder Oberflächenmoränen oder Grundmoränen oder Innenmoränen. Zu den letztern gehört, »was in dem Gletscher steckt«, also gehen diese oft in die Grundmoränen über. Für die zu den Innenmoränen gehörigen Schutt- und Geschiebemassen führt er die Bezeichnung Sohlenmoränen ein, für andere Formen die Namen Einscharungsmoränen und Adermoränen, letztere beziehen sich auf die Schuttadern im Firn.

Die Stapelmoränen erscheinen als Ufermoränen und Stirnmoränen.

Die Schwundmoränen werden in Halden- und Feldmoränen unterschieden; erstere entstehen meist, wenn der Gletscher seitlich am Gehänge schwindet, letztere stellt das Trümmerfeld dar, welches nach dem Schwinden der Gletscherzüge auf dem Gletscherboden zurückbleibt. Aus dieser Darstellung ergiebt sich folgende Übersicht der Moränen unserer heutigen Gletscher:

- Wandermoränen
  - Oberflächenmoränen
    - Seitenmoränen
    - Mittelmoränen
    - Deckmoränen
    - Siebmoränen
  - Innenmoränen
    - Adermoränen
    - Einscharungsmoränen
    - Sohlenmoränen
  - Grundmoränen
- Stapelmoränen oder Umwallungsmoränen
  - Ufermoränen
  - Stirnmoränen
- Schwundmoränen
  - Haldenmoränen
  - Feldmoränen

Es entsteht nun die Frage, wie weit die der Einteilung der Gletschermoränen entsprungenen Begriffe auch eiszeitlichen Verhältnissen entsprechen. Die Wandermoränen kommen naturgemäss hier nicht in Betracht, sondern nur die Stapelmoränen und die Schwundmoränen. v. Böhm zeigt, dass den Ufer- und Stirnmoränen der Gletscher die Rand- und Endmoränen der Eiszeit entsprechen. Den Feldmoränen aber entsprechen aus der Eiszeit die Grundmoränendecke, die Schwundmittelmoräne und die Drumlins.

Die Ursache der Eiszeit. In seinen »Studien über das Klima der geologischen Vergangenheit« [1]) kommt Prof. F. Frech eingehend auf die Eiszeit zurück. Gleichförmiges Klima der gesamten Erdoberfläche ist nach seiner Ansicht die Regel für die Vergangenheit unseres Planeten; Eiszeiten und die Ausbildung von Klimazonen wie die heutigen bilden die Ausnahmen.

»Die Eiszeit am Schlusse des Paläozoicum folgt, sagt er, wie es scheint, ziemlich unvermittelt auf das gleichmässige, bis zur Steinkohlenzeit andauernde Klima. (Lethaea palaeozoica.)

Nachwirkungen der Eiszeit, d. h. starke Verschiedenheit in der Verteilung der Meerestiere und der Landflora, machen sich noch bis in den Anfang der mesozoischen Zeit (untere Trias) bemerkbar.

Im wesentlichen sind die ersten zwei Drittel der folgenden mesozoischen Ära durch gleichmässiges Klima ausgezeichnet. Etwa dem letzten Drittel des Mittelalters der Erde entspricht die Herausbildung von Klimazonen, die jedoch nicht in einer Eiszeit gipfelt, sondern vielmehr am Beginne des Tertiär durch den Wiedereintritt einer allgemeinen verbreiteten wärmern Temperatur beendet wird.

Von der Mitte des Tertiär (d. h. von dem Miocän der Geologie) an lässt sich eine Wiederherausbildung und immer schärfer werdende Herausprägung von Klimazonen verfolgen: 1. In der Mitte der Tertiärzeit herrscht tropisches Klima in unsern Breiten, warme gemässigte Temperatur bis über 80° n. Br. 2. Dann erfolgt eine allmähliche Abkühlung bis zu einer mit der Gegenwart übereinstimmenden Ausbildung der Klimazonen.

Eine in beiden Hemisphären sowie in den Gebirgen der Tropen nachgewiesene Eiszeit bildet das Ereignis, welches die geologische Vergangenheit von der Gegenwart scheidet. Das heutige Klima entspricht, wie die Vergleichung der Tier- und Pflanzenwelt lehrt, etwa demjenigen, welches unmittelbar vor dem Beginne der Eiszeit herrschte. Wir leben also im Schatten der Eiszeit.«

Bei Nachforschung nach den Ursachen dieser merkwürdigen Klimaschwankungen bezieht sich Prof. Frech auf die von S. Arrhenius aufgestellte Theorie, gemäss welcher der wechselnde Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure die Wärmeleitungsfähigkeit der Luft bedingt.

»Die jetzige, in der Luft enthaltene Kohlensäuremenge beträgt nur 0,03 Volumprozente der Atmosphäre. Eine Abnahme derselben von 0,62—0,35 (im Mittel auf 0,6) des heutigen Betrages würde nach den Berechnungen von S. Arrhenius Temperaturverhältnisse schaffen, die zu einer neuen Vereisung Nordamerikas und Mitteleuropas führten; d. h. es würde zwischen dem 40. und 60. Breitengrad eine Temperaturerniedrigung von 4—5° C. eintreten. Die tropische Temperatur einer Eocänzeit, in der die polaren Gegenden um 8—9° wärmer waren als jetzt, würde eine Vermehrung des Kohlensäuregehalts

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1902. p. 611. 617.

um das 2, $2^1/_2$—3fache des jetzigen Betrages voraussetzen. Diese Veränderung des Kohlensäuregehalts geht nicht über die Grenzen der Wahrscheinlichkeit hinaus und beeinträchtigt das Gedeihen höherer Tiere in keiner Weise.

Die Quellen der atmosphärischen Kohlensäure sind die vulkanischen Ausbrüche und Exhalationen, während anderseits durch chemische wie biologische Vorgänge im wesentlichen ein Kohlensäureverbrauch stattfindet.«

Für eine geologische Prüfung dieser Theorie handelt es sich in der Hauptsache um die Frage, ob die Wärme- und Kälteperioden der Erdgeschichte in Zusammenhang mit Eruptionen stehen. Prof. Frech giebt zu diesem Behufe zunächst eine Übersicht der zeitlichen Verteilung der ältern vulkanischen Ausbrüche und Wärmeerscheinungen und zeigt des nähern, dass hier wenigstens keine prinzipielle Schwierigkeiten der Bejahung obiger Frage entgegenstehen. Das Nämliche ergiebt sich für die mesozoische Ära. Am eingehendsten behandelt Verf. die klimatischen Änderungen der Tertiärzeit, die gleichfalls mit der These übereinstimmen.

Eine ausgesprochene Wärmeabnahme kennzeichnet den letzten Abschnitt des europäischen Tertiär (das Pliocän) und bedingt vor dem Eintritte der Eiszeit ein dem gegenwärtigen entsprechendes Klima in unsern Breiten. Die Flora und die Tierwelt der Küstengewässer zeigen keine wesentlichen Unterschiede von der heutigen. Diese Temperaturverminderung geht parallel der Abnahme der Eruptivthätigkeit, die überall in Deutschland, in Frankreich, Ungarn und Nordamerika ganz unverkennbar ist. Überall in Hoch- und in Mittelgebirgen, wo die Eiszeit als solche unterscheidbar ist, lässt sich ein gleichzeitiges Aufhören der Eruptionen nachweisen; allerdings fehlen in arktischen (Island) wie in tropischen Vulkangebieten (z. B. Java) meist die Handhaben, um die Eiszeit abzugrenzen. Angesichts der raschen Zerstörung, welcher die Vulkangebirge infolge von Verwitterung und Erosion ausgesetzt sind, sollte man eine Verminderung der ältern tertiären Eruptiva für wahrscheinlich halten. Trotzdem hält die Verbreitung und Mächtigkeit der Vulkanprodukte aus dem jüngsten Tertiär nirgends einen Vergleich mit der der miocänen Ergüsse aus. Die einzige Ausnahme bildet Zentralfrankreich, dessen Haupteruptionen pliocän sind. Jedoch ist die Bedeutung der jungtertiären Vulkane Frankreichs verschwindend im Vergleiche zu den 100 000 *qkm*, welche die mitteltertiären Eruptivmassen auf den nordeuropäischen Inseln noch jetzt bedecken, und noch verschwindender im Vergleiche zu der gewaltigen, von Mitteldeutschland bis Transkaukasien — wie es scheint ohne wesentliche Unterbrechung — ausgedehnten Eruptivzone. Die pleistocäne Eiszeit selbst ist eine Periode des ausgesprochenen Rückganges der Eruptivthätigkeit — auch gegenüber dem Tertiär — und stimmt in dieser Hinsicht mit der paläozoischen Kälteperiode vollkommen überein. Zwei ganz verschieden-

artige Beobachtungsreihen, das Fehlen eruptiven Materiales in den Grundmoränen und sonstigen Ablagerungen der Eiszeit einerseits, die landschaftlichen Formen der jüngern Vulkanberge anderseits, berechtigen zu diesem Schlusse.

Das Fehlen vulkanischer Ausbrüche lässt sich für den Löss Mitteleuropas und für die nordische Grundmoräne unmittelbar nachweisen. Vulkanische Asche und Bimssteine sind chemisch und petrographisch leicht kenntlich, fehlen aber in den zahlreichen vorliegenden Analysen von Löss und vor allem von den Geschiebelehmböden überall gänzlich. Hätte in der mitteleuropäischen Vulkanzone, auf den Faröer oder auf Island, eine nennenswerte Thätigkeit geherrscht, so wäre irgend etwas von dem leicht wahrnehmbaren Eruptivmateriale erhalten geblieben.

Wenn nun auch die Wichtigkeit des allgemein wirkenden Faktors verminderter Vulkanausbrüche für die Entstehung der Eiszeit unleugbar ist, so verweist Verfasser doch auch und mit Recht auf die Bedeutung rein geographischer Einflüsse. »Vielleicht, sagt er, lässt sich sogar die verschiedenartige Wirkung beider Faktoren näher dahin bestimmen, dass die Temperaturverminderung durch die allgemeine Abnahme der Kohlensäure, die besonders in Europa und im östlichen Nordamerika weitausgedehnte Vergletscherung durch lokale Vermehrung der Niederschläge bedingt ist; der Grund dieser letztern ist wieder in »auffallenden Veränderungen in der Verteilung von Festland und Meer« zu suchen. Der schroffe Gegensatz, den im Pleistocän die vollkommene Vereisung Nord- und Mitteleuropas und das Fehlen des Eises in Nordasien darstellt, ist noch auffallender als die Temperaturverschiedenheit zwischen der Nord- und Südhemisphäre der Gegenwart (Rügen — Bouvetinsel). In beiden Fällen kann der Einfluss geographischer Veränderungen nicht hoch genug angeschlagen werden. Die bedeutendsten Veränderungen in der Verteilung von Festland und Meer weist das nördliche und östliche Europa auf, und zwar entspricht im allgemeinen ein Rückzug des Meeres dem Vordringen der Gletscher und umgekehrt.

Während der letzten interglazialen Episode (d. h. in der Zeit zwischen der letzten und vorletzten Vereisung) nahm das Meer in Schottland, Skandinavien, vor allem aber im nordöstlichen Russland und dem angrenzenden Teile von Sibirien wesentlich grössere Flächen ein als in der Gegenwart. Diese bedeutendere Ausdehnung des Ozeanes ist wohl auf Bewegungen der Erdrinde, auf »kontinentale Hebungen und Senkungen« zurückzuführen. Der Betrag derselben ist in den Fjorden von Skandinavien und Schottland schwerer festzustellen als in Russland und Nordwestsibirien. Hier beträgt die positive Niveauverschiebung nach Tschernyschew 150 *m*. Im Timangebirge lagern nach demselben Forscher die Ablagerungen des vordringenden nördlichen Meeres auf eisgeschliffenen und geschrammten Felsen. Am Timan ist also eine Vereisung älter als die arktische

Transgression. Für Nordsibirien nimmt v. Toll ein unterpleistocänes Alter des Vordringens des Eismeeres an, und da in Mitteleuropa ein gewisser Wechsel in der Ausdehnung der Vereisung bekannt ist, brauchen diese Angaben keinen Widerspruch zu enthalten.

Eine Gruppe weiterer geographischer oder klimatischer Änderungen ist in ihrer Ursache weniger klar, muss aber die gleiche Wirkung besitzen wie die Ausdehnung des Ozeanes in Nordeuropa; ein Feuchterwerden des Klimas und somit ein Wachstum der Gletscher in den Nachbargebieten zeigen an: 1. die kaspische Transgression in Südostrussland und die Verbindung des Kaspi- und des Aralsees während der letzten interglazialen Episode; 2. die Ausdehnung von Binnenseen im Gouvernement Wjatka, welche eine Art von Verbindung zwischen der arktischen und kaspischen Transgression herstellen; 3. die Ausdehnung ähnlicher Binnenseen im Westen der Vereinigten Staaten (Lake Bonneville, Lake Lahontan u. a.), von denen die jetzigen Salzseen und -sümpfe (Utah- und Monosee) nur die letzten Überbleibsel sind; 4. das feuchtere Klima der Sahara. Das Auftreten von Krokodilen in den Sümpfen des Irhahargebirges im Zentrum der Sahara, das Vorkommen der mediterranen Steineiche (Ilex) in jungen Kalktuffen der Oase Dachel (Südostsahara) wäre bei der heutigen Verteilung der Niederschläge unerklärlich; nehmen wir jedoch eine der europäischen Eiszeit entsprechende feuchte Zwischenperiode in Nordafrika an, so sind diese klimatischen Paradoxa erklärt.

Viel schwieriger — ja bei der geringen Ausdehnung der geologischen Forschungen fast unmöglich — ist die Erklärung der wiederholten Interglazialzeiten. In einer etwa gleichzeitig mit der vorliegenden Arbeit erscheinenden Studie weist E. Geinitz auf stratigraphischem Wege nach, dass interglaziale »Zeiten« von allgemeiner Bedeutung, während deren ein der Gegenwart entsprechendes Klima herrscht, bisher nicht sicher festgestellt sind. Vielmehr haben klimatische Oszillationen von weniger einschneidender Wichtigkeit entsprechende Schwankungen der Gletscherausdehnung bedingt. Es bedarf keines weitern Hinweises, wie gut diese auf Grund eines genauen vergleichenden Studiums der nordischen »Interglazial«-Profile erwachsene Ansicht mit der hier auf ganz anderem Wege entwickelten Theorie übereinstimmt.«

Schliesslich fasst Verfasser seine Ergebnisse in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die Frage nach der Entstehung des vorherrschend wärmern Klimas in geologischer Vorzeit kann nicht von dem Probleme der Eiszeiten getrennt werden.

2. Die Verschiedenheit des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre bildet die physikalische Erklärung für die Verschiedenheiten wärmerer und kälterer Klimate in der geologischen Vergangenheit; höherer Kohlensäuregehalt entspricht höherer Wärme.

3. Da durch organische und chemische Prozesse vorwiegend Kohlensäure verbraucht wird, bilden vulkanische Exhalationen die einzige Ersatzquelle für diesen Verlust.

4. Infolgedessen entspricht in allen geologischen Zeiten die Abnahme der eruptiven Thätigkeit einem Sinken der Temperatur, welche sich zweimal, am Schlusse der paläozoischen Ära und am Beginne der geologischen Gegenwart, bis zu einer Eiszeit herabbewegt. Jedem Maximum der Eruptionen entspricht eine deutlich wahrnehmbare Temperaturerhöhung.

5. Abgesehen von diesem das Klima der ganzen Erde beeinflussenden Faktor ist die Verteilung von Festland und Meer, sowie die hierdurch bedingte Richtung der Winde und Meeresströmungen von ausserordentlicher Bedeutung für die Gestaltung des Klimas.

6. Doch ist anderseits das gleichmässige warme Klima, das während der überwiegenden Zahl geologischer Perioden geherrscht hat, lediglich durch eine andere Verteilung der gegenwärtig vorhandenen Wärmemenge nicht zu erklären.

7. Die gesamten ältern Perioden der Erdgeschichte — bis gegen das Ende der Steinkohlenzeit — sahen ein warmes, ziemlich gleichmässig über die Erde verteiltes Klima.

8. Nach dem Schlusse der Steinkohlenperiode trat eine, vornehmlich auf der Südhemisphäre ausgebildete, aber auch im Norden angedeutete Eiszeit ein, die bald wieder verschwand.

9. Nachdem die Folgen der Eiszeit (in der mittlern und obern Dyas) allmählich überwunden waren, herrscht in den ersten zwei Dritteln des Mittelalters der Erde wieder gleichmässiges tropisches bis subtropisches Klima. Vom obern Jura an, besonders aber in der Kreidezeit, bildet sich eine Gliederung in klimatische Zonen aus.

10. Den beiden Höhepunkten der Eruptionen am Beginne und in der Mitte des Tertiär entsprechen wiederum Höhepunkte der Temperaturen.

11. Der Abnahme der Eruptionen im letzten Abschnitte des Tertiär geht eine Wärmeverminderung parallel; die Eiszeit ist — ganz wie die paläozoische Kälteperiode — durch ein fast vollkommenes Aufhören, die Gegenwart durch ein Wiedererwachen der Eruptivthätigkeit gekennzeichnet.«

Die Lufthülle im allgemeinen.

Die Mengen der neuentdeckten Gase in der Atmosphäre.

Die in den letzten Jahren mit Hilfe überaus verfeinerter Methoden in unserer Luft neuentdeckten Bestandteile sind nur in geringen Mengen darin vorhanden. Am reichlichsten tritt Argon auf, und zwar enthält die Luft in 100 Volumteilen 0,937 Argon. Nach den neuesten Mitteilungen W. Ramsays finden sich dagegen in 100 000 Teilen Luft nur 1—2 Teile Neon, 0,1 oder 0,2 Teile Helium, unge-

fähr 0,1 Teil Krypton und endlich in 20 000 000 Volumteilen Luft nur 1 Teil Xenon. Ramsay hält für nicht ausgeschlossen, dass Xenon noch ein schwereres Gas umschliesst, doch ist dies nicht gerade wahrscheinlich.

Über die Höhe der homogenen Atmosphäre und die Masse derselben hat Dr. Nils Ekholm eine Untersuchung veröffentlicht.[1]) Als solche Höhe bezeichnet man diejenige, welche die Atmosphäre besitzen würde, wenn sie überall die gleiche Dichtigkeit, und zwar die Dichte an der Meeresoberfläche besässe. Nennt man diese Höhe K, so denkt man sich, um sie zu berechnen, die Luftmasse, welche in einem sphärischen Erdsektor enthalten ist, der von der Meeresoberfläche 1 *qcm* abschneidet, in der Weise zusammengedrückt, dass diese Luft den Erdsektor von der Meeresoberfläche bis zu der Höhe K genau ausfüllt und dabei überall die gleiche mittlere Dichte annimmt. Multipliziert man das so ermittelte K mit der der angenommenen Dichte entsprechenden Masse 1 *ccm* Luft in Grammen und das Produkt mit der Erdoberfläche in Quadratcentimetern, so bekommt man nach Berichtigung für die Erhöhungen der Kontinente die Gesamtmasse der Atmosphäre. Bei dieser Berechnungsweise nimmt man also Rücksicht auf die Vergrösserung der geozentrischen Kugelflächen nach oben, was natürlich bei der Ermittlung der Masse der Atmosphäre ganz richtig ist. Wenn es sich aber darum handelt, die von Licht- oder Wärmestrahlen durchgelaufene Luftmasse zu berechnen, so ist die obige Berechnungsweise der Höhe der homogenen Atmosphäre nicht zulässig. In diesem Falle müssen wir uns um den Strahl eine cylindrische Röhre gelegt und die in dieser Röhre eingeschlossene Luftmasse zusammengedrückt denken, bis dieselbe überall die gleiche mittlere Dichte annimmt. Steht der Strahl senkrecht auf der Meeresoberfläche, so bekommen wir in dieser Weise eine Höhe der homogenen Atmosphäre, die ein wenig kleiner als K ist, und die wir mit Q bezeichnen wollen.

Anderseits nennt man reduzierte Höhe H der Atmosphäre diejenige Höhe, welche man dadurch berechnet, dass man die Höhe des Quecksilberbarometers an der Meeresoberfläche mit dem Verhältnisse der Quecksilberdichte zur Dichte der Luft an der Meeresoberfläche multipliziert. Für eine Lufttemperatur von 0° und einen Luftdruck gleich 760 *mm* bei 0° und normaler Schwere ist bekanntlich $H_0 = 7991.0\,m$. Überhaupt ist H dem Luftdrucke im Meeresniveau direkt und der absoluten Temperatur der Luft in diesem Niveau umgekehrt proportional, und dasselbe gilt, wenigstens mit grosser Annäherung, von K und Q. Man sieht ohne Schwierigkeit ein, dass die zwei Höhen H und Q nicht genau gleich sind, weil wir H unter der stillschweigenden Annahme einer für alle Höhen

---

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1902. p. 249.

konstanten Schwere berechnen, wogegen Q mit Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Schwere mit der Höhe berechnet werden muss. Deshalb ist Q unzweifelhaft ein wenig grösser als H, eben wie K ein wenig grösser als Q ist. Für die genaue Berechnung von K und Q wäre es erforderlich, die Verteilung der Atmosphäre um die Erdkugel zu kennen, was indessen nicht der Fall ist, da die Temperatur der obern Luftschichten nur unvollkommen bekannt ist. Gewöhnlich aber nimmt man an, dass K und Q nur wenig von H verschieden sind. Indessen ist Hr. E. Mascart[1]) zu einem entgegengesetzten Resultate gekommen. Er findet nämlich für die Gesamtmasse der Atmosphäre einen Wert, der um $^1/_6$ grösser ist, als nach der angenäherten Berechnung sich ergiebt und für die Dichte der Luft in 64 *km* Höhe den verhältnismässig enormen Wert 0.0018 von derjenigen an der Meeresoberfläche.

Ekholm geht nun näher auf die Ableitung von Mascart ein und zeigt, dass dieselbe auf hypothetischer Annahme beruht, welcher die Beobachtungen nicht entsprechen. Ekholm berechnet unter der Annahme, dass die Temperatur nach oben innerhalb 0—20 *km* Höhe pro 100 *m* um 0.40° C. und innerhalb 20—70 *km* Höhe um 0.15° C. abnimmt, ferner die Temperatur der Luft an der Meeresoberfläche 15° C. und der Luftdruck daselbst 760 *mm* Quecksilberdruck bei 0° und normaler Schwere beträgt, die Masse der Luft. Werden diese Zahlen durch 0.001293, d. h. die Masse in Grammen eines Kubikcentimeters Luft bei 0° und 760 *mm* dividiert, so ergiebt sich $Q_0 = 8011$, $H_0 = 7992$ und $K_0 = 8029$ *m*.

Für die genaue Berechnung der mittlern Werte von H, Q und K im Meeresniveau müssen wir den Luftdruck am Meeresniveau im Mittel für die ganze Erdoberfläche kennen. Diese hat Ekholm aus den von W. Ferrel[2]) gegebenen Daten berechnet. Diese Daten sind in der folgenden Tabelle angeführt worden. Die zwischen Klammern gesetzten Zahlen sind extrapoliert.

Mittlerer jährlicher Luftdruck p der Breitengrade φ, auf 0°, normale Schwere und Meeresniveau reduziert. Nach W. Ferrel.

N. Halbkugel		S. Halbkugel	Differenz
φ	p_N in *mm*	p_S in *mm*	$p_N - p_S$ in *mm*
90°	(761.0)	(737.0)	(+24.0)
85	(760.8)	(737.1)	(+23.7)
80	60.5	(737.3)	(+23.2)
75	60.0	(737.6)	(+22.4)
70	58.6	38.0	+20.6
65	58.2	39.7	+18.5
60	58.7	43.4	+15.3

[1]) Mascart, Compt. rend. hebd. des scéances de l'Ac. des Sci. Tome 114 Janv.—Juin 1892. p. 93. Paris 1892.

[2]) W. Ferrel: »Meteorological Researches for the use of the coast pilot«, part. I, Washington 1877; A. Sprung: »Lehrbuch der Meteorologie«, Hamburg 1885. p. 193.

	N. Halbkugel	S. Halbkugel	Differenz
φ	p_N in *mm*	p_S in *mm*	$p_N - p_S$ in *mm*
55	59.7	48.2	+11.5
50	60.7	53.2	+ 7.5
45	61.5	57.3	+ 4.2
40	62.0	60.5	+ 1.5
35	62.4	62.4	0.0
30	61.7	63.5	− 1.8
25	60.4	63.2	− 2.8
20	59.2	61.7	− 2.5
15	58.3	60.2	− 1.9
10	57.9	59.1	− 1.2
5	58.0	58.3	− 0.3
0	58.0	58.0	0.0

Ekholm findet hieraus den mittlern Luftdruck der nördlichen Halbkugel = 759.8 und denjenigen der südlichen Halbkugel = 756.2, folglich das Gesamtmittel = 758.0 *mm*. Der entsprechende Wert des K_0 ist gleich

$$\frac{758}{760} \times 802\,900 = 800\,800 \; cm$$

und folglich die in Grammen ausgedrückte Masse einer Luftsäule, deren Grundfläche 1 *qcm* beträgt = $800\,800 \times 0.001\,293 = 1035.4$.

Die mittlere Höhe der Kontinente kann zu 500 *m* geschätzt werden und die Oberfläche derselben zu 136 Millionen Quadratkilometern oder 0.267 der Oberfläche der Erde. Um die Gesamtmasse der Atmosphäre zu haben, muss man also $0.267 \times 59.7 = 16.0$ von der Zahl 1035.4 abziehen und die Differenz mit 510×10^{16}, was der Oberflächeninhalt der Erde in Quadratcentimetern ist, multiplizieren. Es ergiebt sich so für die Masse der Atmosphäre

520×10^{18} Tonnen = 5200 Billionen Tonnen = 104000 Billionen Ztr.

Da die Gesamtmasse der Erde = 609×10^{19} Tonnen ist, so beträgt also die Masse der Atmosphäre 0.000000854 oder $\frac{1}{1\,171\,000}$ von derjenigen der Erde.

Wenn man die Berechnung mit dem Werte H ausführt, d. h. ohne die Abnahme der Schwere und die Vergrösserung der geozentrischen Kugelflächen nach oben zu berücksichtigen, so erhält man als die Masse der Atmosphäre 517×10^{18} Tonnen oder 0.000 000 849 von derjenigen der Erde, folglich nahezu das gleiche Resultat. Nach den neuesten Schätzungen soll die mittlere Höhe der Kontinente etwa 750 *m* betragen. Demnach müssen wir $0.267 \times 88.3 = 23.6$ von der Zahl 1035.4 abziehen und die Differenz durch 510×10^{16} multiplizieren, wodurch für die Masse der Atmosphäre sich ergiebt

516×10^{18} Tonnen, d. h. 0.000 000 847 oder $\frac{1}{1180000}$ von derjenigen der Erde.

Labile Gleichgewichtszustände in der Atmosphäre. Prof. A. Schmidt verbreitete sich,[1]) anknüpfend an seine frühere Abhandlung: »Das Wärmegleichgewicht der Atmosphäre«,[2]) über die heutige thermodynamische Theorie der atmosphärischen Zustände als unzureichend, um die Thatsache labiler Zustände in der Atmosphäre zu erklären. »Das Endziel aller Strömungen in der Atmosphäre ist die stabile, nicht die indifferente Lagerung. Alle horizontalen sowohl als vertikalen Strömungen dienen der Herbeiführung stabiler Gleichgewichtszustände. Wo man in der Atmosphäre indifferenten oder gar labilen Lagerungen der Schichten begegnet, kann deren Ursache nimmermehr in den Luftströmungen gesucht werden, sondern umgekehrt sind die Strömungen die Folgen teils vorausgehender Gleichgewichtsstörungen, teils vorausgehend erzeugter labiler Lagerungen, und ihre Tendenz ist die Vernichtung der indifferenten und der labilen Lagerungen.

Die ganze Hülle des Planeten gleicht einer flüssigen moles iners, stets bereit, in den Tod der stabilen isothermen Lagerung zu versinken, wenn nicht die Sonne durch Erwärmung der Erdoberfläche und durch Erzeugung von Temperaturdifferenzen sie aufrüttelte. So strömt sie oben und unten zwischen höhern und niedern Breiten hin und her, überall, wo sie mit der Kruste in Berührung kommt, als ein unelastisches, der Reibung unterworfenes flüssiges System, die Geschwindigkeit des Ortes annehmend. Die ganze grosse Ökonomie der doppelten Wirbelbewegung, der antirotatorischen, d. h. der Rotation des Planeten entgegen gerichteten untern Passatströmung und der Anticyklonen und anderseits der rotatorischen, d. h. der Erdrotation vorauseilenden Polarströmungen und Cyklonen, bildet keine konservative Ökonomie. Bei jeder Berührung mit der festen oder flüssigen Erdoberfläche findet eine Hemmung der Bewegung unter Verbrauch von Bewegungsenergie statt, die einer stetigen Erneuerung durch die die Bewegung neu anspornende Sonnenwärme bedarf. Nur für den Planeten selbst entspringt aus dem Kreislaufe der Luftströmungen kein seine Rotation hemmendes Moment, weil das Moment der Beschleunigungen der höhern Breiten dem Moment der Verzögerungen der niedern Breiten das Gleichgewicht hält.

Einen Beweis für die Richtigkeit seiner Behauptung, dass unter dem Einflusse der Schwere die Molekularbewegung der Luft eine Temperaturabnahme nach oben bewirke, mit der Tendenz zur Erzeugung eines Temperaturgefälles von 1.4^0 pro 100 *m*, aus Beobachtungen, hatte Prof. Schmidt kaum erwartet, da es zweifelhaft, war, ob es je möglich sein werde, durch meteorologische Beobachtungen labile Lagerungen der Luft zu entdecken, ohne dass für deren Entstehung andere Ursachen wie erhöhte Temperatur des Erdbodens oder durch Kondensation des Wasserdampfes erzeugte Unregelmässig-

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 5. Heft 3. p. 389.

[2]) ebenda 4. p. 1.

keiten angenommen werden könnten. Möglichste Entfernung der Beobachtungsstelle vom Erdboden und von den wolkenführenden Schichten erschien als Hauptbedingung; kaum konnte aber gehofft werden, dass in solchen Höhen die herrschenden horizontalen Strömungen eine genügend grosse Überschreitung des indifferenten Lagerungszustandes zustande kommen lassen werden, um sie zu beobachten.

Jetzt berichtet nun Berson (in den »Wissenschaftlichen Luftfahrten« 3. p. 128) über Fälle von beobachtetem labilen Gleichgewichte in grosser vertikaler Erstreckung, welche für die theoretische Deduktion von Prof. Schmidt höchst wichtig und bestätigend erscheinen und von diesem diskutiert werden. Besonders gehören hierzu Fälle adiabatisch rascher Temperaturabnahme, welche bei einer Anzahl hoher Fahrten in dem alleroberstem Teile der durchmessenen Luftsäule angetroffen wurde. Unter sechzehn derartigen Aufstiegen mit mindestens 5000 *m* Höhe zeigen nicht weniger als neun in dem obersten 250—500 *m* Schichtenmittel eine Abnahme der potentiellen Temperatur, d. h. eine Überschreitung des Gleichgewichtsgrenzwertes des Temperaturgefälles von 0.99° pro 100 *m*. Von diesen neun Fällen rapider Temperaturabnahme in Höhen von 5000—9000 *m* wurden sechs in Anticyklonen, einer im Übergangsgebiete, auch noch bei schönem ruhigen Wetter, eher von Hochdruckcharakter, und nur zwei bei cyklonischer Wetterlage beobachtet.

Die Verteilung der atmosphärischen Ionen in den höhern Luftschichten. Die Untersuchungen von Lenard führten darauf, die höchsten Schichten der Atmosphäre als möglichen Ursprungsort der Ionen anzusehen. Beobachtungen[1]) im Gebirge zeigen in der That ein Zunehmen der Entladungsgeschwindigkeiten. Auf Bergspitzen überwiegt die Entladungsgeschwindigkeit für negative Ladungen des Zerstreuungskörpers a_- bedeutend diejenige der positiven Ladungen a_+; das Verhältnis $q = a_-/a_+$ nimmt sehr grosse Werte an, während es in der Ebene nur wenig mehr als 1 beträgt. Dieses »unipolare« Leitvermögen der Luft über Berggipfeln muss aber auf die Thatsache zurückgeführt werden, dass der Erdkörper im Vergleiche zum Luftraume dauernd elektrisch geladen, und zwar vorwiegend negativ geladen ist. Die Berge wirken dann wie Spitzen; die negative Erdelektrizität wird sich auf ihnen besonders dicht anhäufen; aus der umgebenden Luft werden daher die + Ionen herangezogen, und ein — geladener Zerstreuungskörper wird rascher entladen als ein + geladener, für den die zur Neutralisation seiner Elektrizität nötigen — Ionen von der Erdladung aus der Umgebung der Bergspitze fortgetrieben werden. Eine Entscheidung der Frage, ob und in welchem Sinne sich das elektrische Leitvermögen der Luft mit

[1]) vgl. dieses Jahrbuch 12. p. 407.

der Höhe ändere, kann nur durch Messungen der Zerstreuung bei Ballonfahrten herbeigeführt werden, wie dies Elster und Geitel schon in einer ihrer ersten Arbeiten hervorhoben. Zu diesem Zwecke hat Prof. Ebert von München aus 3 Freifahrten unternommen, und zwar bei möglichst verschiedenen Witterungslagen, um womöglich sogleich darüber ein Urteil zu gewinnen, inwieweit der Ionengehalt von den meteorologischen Bedingungen abhängt, und insbesondere inwieweit die Ionen in die Zirkulationsprozesse des Luftmeeres mit hineingezogen werden.

Die Resultate dieser 3 Ballonfahrten fasst Prof. Ebert in folgender Weise zusammen:[1])

1. Luftelektrische Messungen nach der neuen von Elster und Geitel ausgearbeiteten Methode sind im Freiballon mit genügender Sicherheit und mit verhältnismässig geringer Mühe neben den sonst üblichen meteorologischen Beobachtungen ausführbar.

2. Mit zunehmender Höhe ergiebt sich auch unabhängig von der unipolaren Einwirkung des Erdkörpers, wie sie sich besonders bei Bergbeobachtungen störend bemerklich macht, eine unzweifelhafte Zunahme der Zerstreuungsgeschwindigkeit.

3. Die untern Luftschichten können sich bis hinauf zu 3000 *m* Höhe qualitativ insofern den dem Boden unmittelbar anliegenden ähnlich verhalten, als auch in ihnen im freien Luftraume die — Ladungen schneller als die + zerstreut werden.

4. In grössern Höhen scheint sich mit der Zunahme der absoluten Ionenzahl diese unipolare Leitfähigkeit mehr und mehr dahin auszugleichen, dass beide Ladungsarten etwa gleich schnell zerstreut werden.

5. In trockener klarer Luft ist das Zerstreuungsvermögen in der Höhe gerade so wie am Erdboden gross; in dem Grade, wie der Wasserdampfgehalt zunimmt, und ganz besonders, wenn dieser sich dem Kondensationspunkte nähert oder gar in Form feiner Nebelbläschen ausfällt, wird die Entladungsgeschwindigkeit für beide Zeichen erheblich herabgesetzt.

6. Durch Einbauen des Zerstreuungsapparates in einen gleichnamig geladenen Fangkäfig lässt sich die Zerstreuungsgeschwindigkeit für beide Vorzeichen erheblich steigern; so wurde in 2375 *m* Höhe eine 23 mal so grosse Entladungsgeschwindigkeit für + beobachtet, als dasselbe Instrument am Boden (nach Ausweis eines Vergleichsinstrumentes) mit Käfig ergeben haben würde. Dabei dürfte die Genauigkeit nur unbeträchtlich vermindert sein; dagegen wird der Vorteil erreicht, dass die Zahl der Einzelbestimmungen erheblich gesteigert werden kann.

7. Bei der dritten Fahrt haben sich sehr grosse Beträge der Zerstreuung in der Höhe ergeben, offenbar unter der Wirkung einer

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 5. 3. Heft p. 387.

[illegible]

[illegible] en Luftklarheit und ab- [illegible] che Höhenluft dem In- [illegible]

[illegible] ren nicht nachweisbar.

[illegible]

[illegible] hittagstemperaturen [illegible] hen Wetterberichten

[illegible] glichen Berichten, deren [illegible] urlich von den grössern [illegible] die jeweiligen Tempera- [illegible] von 2 Uhr nachmittags. [illegible] treffenden Temperaturen [illegible] desselben Tages sind, [illegible] temperaturen zur Hand [illegible] von der Seewarte ver- [illegible] htungen um 8 Uhr nach [illegible] den täglichen Berichten [illegible] tteleuropäischer Zeit an- [illegible] elle einer Neuberechnung [illegible] rt,[1]) und zwar gestützt [illegible] —1890. Sie folgt hier:

[illegible] 8h V. M. E. Z.

[illegible]	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
[illegible]	17.8	16.9	13.0	7.1	2.0	—1.7
[illegible]	17.9	16.9	12.9	6.8	1.5	—2.1
[illegible]	18.4	17.3	13.3	7.4	1.9	—1.0
[illegible]	17.0	16.1	12.8	7.7	2.3	—0.4
[illegible]	17.3	16.4	13.1	8.0	2.4	—0.4
[illegible]	16.8	16.2	13.0	8.5	3.3	0.7
[illegible]	16.6	15.8	12.7	8.5	3.5	1.4
[illegible]	16.1	15.1	11.7	7.7	2.7	0.4
[illegible]	16.4	16.0	13.4	9.1	4.1	1.9
[illegible]	15.8	16.2	14.1	10.0	5.6	3.0
[illegible]	16.2	15.9	12.3	8.2	3.4	1.1
[illegible]	16.3	15.8	13.3	9.3	4.3	2.1
[illegible]	17.7	16.6	12.8	8.5	3.7	1.6
[illegible]	16.0	15.0	11.7	7.4	3.1	0.4
[illegible]	17.9	16.7	12.9	8.4	3.4	1.1
[illegible]	17.3	15.5	12.7	7.0	2.2	—0.4
[illegible]	16.9	15.3	11.8	7.0	1.8	—0.8
[illegible]	18.3	17.2	13.2	7.9	2.5	0.0
[illegible]	17.1	15.6	12.1	6.7	1.3	—1.9
[illegible]	17.5	16.3	12.6	7.6	1.9	—1.7
[illegible]	16.6	16.0	11.7	7.2	3.4	0.5
[illegible]	17.3	16.0	12.7	7.7	3.6	0.0
[illegible]	18.1	16.7	12.7	7.7	3.4	0.1
[illegible]	18.9	17.5	12.9	7.9	3.1	—0.1
[illegible]	17.6	16.8	12.6	8.0	2.7	—1.5
[illegible]	17.1	15.8	11.8	6.9	1.7	—1.4
[illegible]	17.0	15.9	11.4	6.0	0.5	—3.2
[illegible]	10.0	9.9	7.6	3.6	—1.2	—3.8

[illegible]



[illegible] berechnete Tabelle für [illegible] Ortszeit und entspricht [illegible]

[illegible] mittl. Ortszeit.

[illegible]	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
[illegible]	19.1	15.6	9.8	3.2	—0.8
[illegible]	19.8	16.7	10.6	4.0	0.2
[illegible]	19.5	16.6	10.7	4.3	0.7
[illegible]	19.3	16.2	11.2	5.6	2.5
[illegible]	19.5	16.4	11.1	5.1	1.8
[illegible]	19.1	16.2	11.4	5.4	2.6
[illegible]	17.9	15.6	11.1	6.2	3.4
[illegible]	18.4	16.1	11.5	5.7	2.8
[illegible]	20.7	18.1	11.7	5.9	2.1
[illegible]	20.2	17.3	11.6	5.2	1.5
[illegible]	20.8	17.6	11.7	4.6	0.2
[illegible]	22.5	18.4	11.9	6.7	3.2
[illegible]	20.9	17.4	11.5	4.0	0.0

[illegible] he 40jährige Periode [illegible] temperatur abgeleitet, [illegible] auch hier folgen möge.

[illegible] die Periode 1851—1890.

[illegible]	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
[illegible]	16.5	13.1	7.9	2.3	—1.5
[illegible]	16.6	13.1	7.6	1.8	—1.9
[illegible]	16.8	13.7	8.0	2.4	—0.7
[illegible]	16.1	13.4	8.4	2.9	—0.1
[illegible]	16.7	13.9	8.7	3.0	0.0
[illegible]	16.9	14.0	9.3	3.8	1.1
[illegible]	16.5	13.6	9.3	4.3	1.8
[illegible]	16.6	13.6	9.0	3.6	0.9
[illegible]	16.7	14.2	9.9	4.4	2.1
[illegible]	16.5	14.5	10.4	5.7	3.2
[illegible]	16.3	13.6	9.3	4.1	1.5
[illegible]	16.6	14.3	10.1	4.8	2.3
[illegible]	16.9	14.4	9.9	4.8	2.3
[illegible]	16.5	13.7	8.8	4.0	1.0
[illegible]	17.2	14.3	9.5	4.4	1.7
[illegible]	17.6	14.5	9.0	3.6	0.4
[illegible]	16.2	13.2	8.5	3.0	—0.1
[illegible]	18.2	14.8	9.5	3.8	0.8
[illegible]	16.3	13.3	8.1	2.4	—1.3
[illegible]	17.4	14.2	9.0	2.9	—0.9
[illegible]	18.2	14.2	8.8	4.6	1.4
[illegible]	18.1	15.0	9.3	4.9	1.0
[illegible]	18.3	14.7	9.4	4.7	1.0
[illegible]	18.5	14.9	9.5	4.3	0.9
[illegible]	17.4	14.1	9.2	3.5	—0.3
[illegible]	17.3	13.7	8.3	2.5	—1.0
[illegible]	16.4	12.8	7.6	1.6	—2.1
[illegible]	10.2	8.1	4.0	—1.0	—3.8

[illegible] mit zunehmender [illegible] orsendung von kleinen [illegible] allons (Ballons sondes)

seit mehrern Jahren eifrig studiert worden. Von diesen Ballons haben nicht weniger als 236 Höhen von 11 *km* und darüber erreicht, 74 sogar Höhen bis zu 14 *km*. Als Hauptergebnisse dieser Untersuchungen teilt der französische Forscher nach der Meteorologischen Zeitschrift[1]) folgendes mit:

1. Die mittlere Wärmeabnahme nimmt von den tiefern zu den höhern Schichten zu, wie schon bekannt, und erreicht nahe diejenige bei der adiabatischen Ausdehnung der Luft (d. i. 0.8 und darüber). Hierauf aber, und das ist das Neue, nimmt sie wieder rasch ab, um in einer mittlern Höhe von circa 11 *km* nahezu Null zu werden.

2. Oberhalb einer mit den atmosphärischen Zuständen schwankenden Höhe von 8—12 *km* beginnt eine Zone, welche durch sehr langsame Wärmeabnahme charakterisiert wird, ja, es kommen selbst geringe Temperaturumkehrungen vor. Die Mächtigkeit dieser Zone hat sich noch nicht konstatieren lassen, nach den jetzt vorliegenden Beobachtungen erreicht selbe mindestens mehrere Kilometer.

Nach den jetzigen Beobachtungen erreicht die Höhe der Zone, wo die Inflexion der Kurve der Temperaturabnahme beginnt, ihren grössten Wert von 8—9 *km* oberhalb der Barometerdepressionen (an der Erdoberfläche), während in den Gebieten der Barometermaxima diese Zone erst in grössern Höhen zu finden ist.[2])

Es ist den fortgesetzten Bemühungen Teisserenc de Borts gelungen, Papierballons mit Registrierinstrumenten selbst bei schlechtem Wetter bis zu Höhen von 13—14 *km* aufsteigen zu lassen und zugleich die Registrierthermometer äusserst empfindlich zu machen.

Einer Tabelle, die er zum Schlusse seiner kurzen Mitteilung giebt, entnimmt Prof. J. Hann (durch Zusammenfassung in Mittelwerte) die folgenden Daten:

	Barometer-maximum	Barometer-minimum
Höhe der isothermen Zone	11.9	10.8 *km*
Höhe der Zone mit einer Temperaturabnahme unter 0.4° pro 100 *m* . .	11.1	9.6 *km*
Höhe der Zone des Maximums der Wärmeabnahme	8.3	7.9 *km*
Temperaturabnahme daselbst (pro 100 *m*)	0.91	0.90 *km*

Eine wärmere Luftströmung in 10—15 *km* Höhe. Durch die Beobachtungen in Luftballons ist seit längerer Zeit erwiesen,

[1]) Compt. rend. 134. 1902. April 28. Meteorologische Zeitschr. 1902. p. 278.

[2]) In einer Seehöhe von 12 *km* etwa, wo der Luftdruck nur noch 154 *mm* circa ist, wird die thermometrische Wärmeleitungsfähigkeit der Luft schon rund fünfmal grösser als bei 760 *m*, beträgt demnach 0.173×5=0.865, kommt also jener des Kupfers schon sehr nahe. Wenn sich deshalb in solchen Höhen stagnierende Luftmassen finden, oder nur Strömungen im gleichen Niveau vorkommen, so müssen dieselben in vertikaler Richtung bald nahezu isotherm werden.

dass die Temperatur der Luft durchschnittlich mit der Höhe über dem Boden abnimmt, und zwar bis zu Kältegraden, die so beträchtlich oder noch bedeutender sind als die niedrigste Temperatur im nordöstlichsten Sibirien. Indessen fand sich auch, dass die Wärmeabnahme der Luft nach oben hin keineswegs regelmässig erfolgt, sondern mehr oder weniger rasch, und endlich ergaben die direkten Beobachtungen in Ballons bis zu 9000 *m* Höhe nach den Untersuchungen von Berson und Süring das Vorhandensein von vier Luftschichten, die sich durch Eigentümlichkeiten der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Bewegung unterscheiden, und deren oberste durch nahezu adiabatisches Temperaturgefälle, geringen Gehalt an Wasserdampf und beträchtliche Windgeschwindigkeit charakterisiert ist. Berson machte indessen darauf aufmerksam, dass die Temperaturabnahme der höhern Atmosphärenschichten von nahezu 1° C. auf 100 *m* Höhenzunahme schon in 30 *km* Höhe auf — 273° C., d. h. auf den absoluten Nullpunkt der Temperatur führen würde, was unannehmbar sei, daher müsse man annehmen, dass die Wärmeabnahme nach oben später langsamer werde. Auch weisen Berson und v. Bezold darauf hin, dass der Begriff »Lufttemperatur« bei einer weitern Entfernung von der Erde überhaupt hinfällig werde, und dass schon bei den alleräussersten Verdünnungen nur die Wärmeabsorption und -emission des thermometrischen Körpers in Frage komme, während die Wärmeleitung ausserordentlich zurücktrete. Anderseits legt aber das vielfach festgestellte Vorkommen von Cirruswolken in Höhen von 10—15 *km* den Schluss nahe, dass in diesen Regionen jener Verdünnungszustand noch keineswegs erreicht ist, zumal dort noch Wasserdampf und Staubkörperchen genug vorhanden sind, um diese Wolkengebilde zu erzeugen. Nun hatte man nach dem Vorgange von Hermite und Besançon in Paris gelernt, kleinere Ballons, die nur Registrierapparate tragen, in die fraglichen Höhen emporzuschicken, und musste von deren Aufzeichnungen eine Lösung dieser wichtigen Frage erwarten. In der That liessen schon die ersten Versuche dieser Art nicht nur eine Verminderung der Temperaturabnahme in den grössten Höhen, sondern sogar eine ganz ausserordentliche Zunahme wahrnehmen, die bei manchen Aufstiegen 30° und mehr betrug. Bald aber wurde sie als ein Produkt der Sonnenstrahlung und deshalb als irrtümlich erkannt.

Die Bemühungen, diese Wirkung der Sonnenstrahlen auf die Thermometer der Ballons zu verhindern, haben Prof. Assmann in Berlin zur Konstruktion des Aspirationspsychrometers geführt, bei welchem eine auch in grossen Höhen genügende künstliche Aspiration von Luft hergestellt wird. Allein unter den aussergewöhnlichen Verhältnissen sehr grosser Höhen funktionierten diese sinnreichen Apparate nicht ununterbrochen und ausreichend. Prof. Assmann versuchte deshalb, auf einem andern Wege zum Ziele zu gelangen, und hat darüber, sowie über die erhaltenen Resultate der Königl.

Akademie der Wissenschaften in Berlin berichtet.[1]) Prof. Assmann geht davon aus, dass ein abgeschlossener Ballon, der ein veränderliches Volumen besitzt, wie z. B. ein aus elastischem Paragummi hergestellter, mit dem ihm gegebenen Anfangsauftriebe so lange weiter steigt, bis er zerplatzt, er findet also keine Gleichgewichtslage. Bei genauerer Überlegung sieht man ferner, dass seine Aufstiegsgeschwindigkeit mit zunehmender Höhe sogar nicht unbeträchtlich wachsen muss, indem die Dichte der Luft schneller abnimmt, als seine Oberfläche zunimmt: der Luftwiderstand, den er erfährt, muss deshalb kleiner werden, und zwar ergiebt eine Rechnung, dass die Aufstiegsgeschwindigkeit etwa proportional dem Durchmesser des Ballons wächst. Bei einem Luftdrucke von 95 *mm*, entsprechend einem Achtel des Atmosphärendruckes und gegen 15 000 *m* Höhe über dem Boden, ist der Durchmesser eines Gummiballons doppelt so gross als beim Verlassen der Erde, und seine Vertikalgeschwindigkeit ebenfalls nahezu die doppelte. Giebt man ihm durch Einfüllen einer entsprechenden Gasmenge an der Erdoberfläche eine Anfangsgeschwindigkeit von 5 *m* per Sekunde, so beträgt dieselbe in 15 *km* Höhe 10 *m* per Sekunde. Trifft man ferner eine solche Einrichtung, dass das Thermometer gegen die direkte Sonnenstrahlung durch ein hochglanzpoliertes Doppelrohr geschützt ist, analog wie bei dem Aspirationsthermometer, und giebt dem Ballon eine solche Aufstiegsgeschwindigkeit, dass ein kräftiger Luftstrom durch das oben und unten offene und trichterförmig erweiterte Strahlungsschutzrohr und an dem von ihm umschlossenen Thermometer vorüberführt, der stark genug ist, um jeden Strahlungseinfluss zu beseitigen, so hat man eine »natürliche Ventilation«, die während des ganzen Aufstieges und bis zur grössten Höhe in zunehmendem Betrage wirksam ist.

Sobald der Ballon platzt, beginnt natürlich sofort der Absturz, den man durch einen kleinen Fallschirm so weit ermässigen kann, dass der Apparat ohne ernstliche Beschädigung an der Erdoberfläche ankommt. Während des Falles tritt der umgekehrte Vorgang ein, indem in den höhern Schichten ein schnelles, mit der zunehmenden Luftdichte sich verlangsamendes Fallen erfolgt.

Man erkennt leicht, sagt Assmann, die wesentlichen Vorteile dieser Methode, wenn man sich vergegenwärtigt, dass bei ihr eine im gleichen Sinne mit der Strahlungsintensität wachsende Ventilation, sowohl bei dem Auf- wie dem Abstiege, stattfindet, während sich bei einem Ballon mit unveränderlichem Volumen umgekehrt die Ventilation verringert und schliesslich dort gleich Null wird, wo die Strahlungsintensität ihr der erreichten Höhe entsprechendes Maximum hat.

Als Prof. Assmann die von solchen Gummiballons herabgebrachten Aufzeichnungen untersuchte, liessen sich in allen denjenigen Fällen, in denen die Ballons eine Höhe von 10 *km* überschritten

[1]) Sitzber. d. Preuss. Akademie der Wiss. 1902. 23. 24. p 495.

hatten, unzweifelhafte Zeichen für das Vorhandensein einer Temperaturumkehr oberhalb dieser Grenze erkennen.

Prof. Assmann hat genauer die Aufzeichnungen von 6 Registrierballons, die im Jahre 1901 emporgesandt wurden und 12 *km* Höhe erreichten oder überschritten, untersucht. Die Aufstiege fanden statt am 10. April bis zu 13 *km* Höhe, am 4. und 11. Juli bis zu 12.5, am 31. Juli bis zu 17.5, am 1. August bis zu 13.5 und am 7. November bis zu 12 *km* Höhe. Die Auswertung der aufgezeichneten Temperaturen nach Stufen von je 500 *m* Höhenzunahme ergab nun sehr interessante Resultate. »Man bemerkt zunächst,« sagt Prof. Assmann, »dass bei den Aufstiegen vom 4. Juli und 1. August in den untersten Schichten eine Zunahme der Temperatur mit der Höhe stattgefunden hat, und ersieht aus den Aufstiegszeiten, dass diese Erscheinung ausschliesslich den frühen Morgenstunden vor Sonnenaufgang eigentümlich ist: sie stellt sich als ein Produkt der nächtlichen Bodenausstrahlung bei heiterem Himmel dar.

In den Schichten über 1000 *m* Höhe findet man diese Temperaturinversion nicht mehr, wohl aber wiederholt sehr kleine Gradienten, die einer Isothermie nahe kommen, zwischen erheblich grössern: sie bezeichnen die thermischen Schichtungen der Atmosphäre und fallen meist mit der obern Grenze von Wolkendecken zusammen. Sie sind den untern und mittlern Regionen eigentümlich.

In den beträchtlichern Erhebungen, und zwar oberhalb von 5—7 *km*, werden allgemein die Gradienten gleichmässiger und erheblich grösser, in einigen Fällen wird der adiabatische Grenzwert für trockene Luft, 1° per 100 *m*, überschritten, und zwar findet dies ausschliesslich in den grossen Höhen zwischen 6 und 10 *km* statt.

Oberhalb dieser Zone ausserordentlich starken thermischen Gefälles beginnt, schon auf den ersten Blick erkennbar, ein neues Regime, das sich entweder in einer schnellen Verminderung der Gradienten bis zur Isothermie oder in dem Auftreten einer mehr oder weniger intensiven Temperaturinversion verrät.

Betrachten wir nun unter diesem Gesichtspunkte die einzelnen Aufstiege etwas näher.

Am 10. April begann oberhalb verhältnismässig geringer Gradienten ziemlich unvermittelt bei 10 *km* Höhe eine Temperaturumkehrung; bei 10 500 *m* Höhe war ihr Betrag am grössten und nahm bis zu 13 *km* Höhe völlig gleichmässig ab. Die hier gefundene Temperatur von — 35° war derjenigen gleich, die vorher bei 7800 *m* aufgezeichnet worden war, und sie war um 9.4° höher als die bei 9500 *m* registrierte. Aus der sehr gleichmässigen Verminderung des positiven Gefälles könnte man schliessen, dass bei 15 *km* volle Isothermie und vielleicht bei 18—19 *km* wieder die Temperatur der Höhe 9500 *m* angetroffen sein würde, wenn der Ballon weiter emporgedrungen wäre.

Im vorliegenden Falle ist aber, gegensätzlich zu allen den folgenden, der Gummiballon, der nur einen Durchmesser von 1200 *mm*

besass, nicht geplatzt; er hat vielmehr eine, wenn auch nur kurzwährende Gleichgewichtslage gefunden, in welcher er mit einer Geschwindigkeit von etwa 40 *m* per Sekunde nach Nordost getrieben ist. In lehrreicher Weise lässt die hierbei gezeichnete Kurve den mächtigen Einfluss der Sonnenstrahlung darin erkennen, dass die Temperatur während der Zeit der mangelnden Vertikalbewegung und Ventilation bis auf — 24° gestiegen, aber bei dem infolge von Gasverlust allmählich schneller werdenden Fallen genau wieder der Spur der Aufstiegsregistrierung gefolgt ist.

Am 4. Juli setzte nach einer ganz ausserordentlich schnellen Abnahme zwischen 9000 und 10500 *m* Höhe eine Temperaturumkehr bei 11 *km* Höhe ein; dieselbe stieg dann und ging bis zu 12 *km* Höhe wieder zurück. Auch in diesem Falle wird man eine isotherme Schicht bei etwa 14 *km* und die Wiederkehr der ungewöhnlich tiefen Temperatur der untern Grenze der Umkehr (fast — 60°) bei 16—17 *km* vermuten können. Die höchste registrierte Temperatur lag um 7.7° über der darunter gefundenen tiefsten.

In diesem Falle ist der Ballon, der einen Durchmesser von 1500 *mm* hatte, unzweifelhaft in der grössten Höhe geplatzt, wie aus den die Abstiegkurve durchkreuzenden Federspuren mit Sicherheit zu erkennen ist; dieselben rühren, wie experimentell festgestellt worden ist, von dem Flattern des Ballonstoffes her, der nach dem Platzen als ein formloser Lappen an dem Fallschirme hängt und, dessen gleichmässige Entfaltung hindernd, starke Pendelungen des Apparates hervorruft.

Am 11. Juli wurde ein Gummiballon von 1800 *mm* Durchmesser verwandt, der mit 4 *cbm* Wasserstoffgas gefüllt war; da sich aber sein Aufstieg längere Zeit verzögerte, war wohl sein Gas durch Diffusion so verschlechtert, dass er nur mit einem mässigen Auftriebe stieg. Nachdem er in 7—8 *km* Höhe eine ausserordentlich grosse Temperaturabnahme angetroffen hatte, verminderte sich diese mit einigen Schwankungen von 10 *km* Höhe an beträchtlich und ging zwischen 11 und 12 *km* in volle Isothermie über; da er hier schon platzte, erreichte er die wahrscheinlich in grösserer Höhe liegende Inversionsschicht nicht.

Am 31. Juli, dem Tage der grossen Hochfahrt der Herren Berson und Süring, die nahezu bis zur Höhe von 11000 *m*, d. h. bis zu unserer kritischen Temperaturumkehrsschicht, reichte (leider waren in dieser Höhe beide Forscher bewusstlos, so dass keine Beobachtungen vorliegen), stieg abermals ein Gummiballon von 1800 *mm* Durchmesser auf. An dem ungewöhnlich warmen Tage reichten die Schichtungen in sehr grosse Höhen hinauf, was auch von den Beobachtern im Freiballon festgestellt wurde. Der thermische Gradient überschritt bei 10 und 11 *km* nicht den adiabatischen Grenzwert, sank aber darüber schnell bis zur Isothermie in 12 *km* Höhe herab, um nun in eine äusserst gleichmässige Temperaturzunahme um 5.2°

überzugehen, die bis zur Höhe von 15 000 *m* reichte. Leider verliess hier die Registrierfeder das Papier an seinem obern Rande. Da indes bei dem Wiedereintritte der Kurve auf das Registrierpapier nach dem unzweifelhaft erfolgten Platzen des Ballons eine um 2.5° niedrigere Temperatur aufgezeichnet wurde, kann man mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass sich der Ballon thatsächlich der obern Grenze des wärmern Luftstromes genähert hat, an der eine um 2.5° niedrigere Temperatur den Übergang zu einem abermaligen negativen Gradienten verriet.

Am nächstfolgenden Tage, dem 1. August, wurde abermals ein Gummiballon von gleicher Grösse aufgelassen, der indes schon bei 13 *km* Höhe platzte. Er fand zwischen 9 und 11 *km* Höhe ein die Adiabate überschreitendes Temperaturgefälle, das sich bis 12 *km* schnell verminderte und darüber unvermittelt in eine starke Temperaturumkehr überging, deren Betrag nur zu 5.2° gefunden wurde, da der Ballon keine grössere Höhe erreichte.

Am 7. November endlich fand ein Gummiballon von 1800 *mm* Durchmesser eine verhältnismässig geringfügige Schichtung in den untern und mittlern Höhen, aber schon bei 6 *km* eine sehr starke Temperaturabnahme, die mit geringen Schwankungen bis zu 8500 *m* reichte, sich dort aber schnell verringerte, um bei 10 *km* einer vollen Isothermie Platz zu machen. Bei 11 500 *m* schien dieselbe in eine geringfügige Temperaturzunahme übergehen zu wollen, die jedoch, da der Ballon bei 12 *km* platzte, nicht weiter erforscht wurde«.

Das sind die Thatsachen. In einer besondern Tabelle stellt Prof. Assmann die einzelnen Werte zusammen und schliesst daraus unter Voraussetzung, dass die Aufzeichnungen der Apparate unbeeinflusst von der Sonnenstrahlung waren, auf die Existenz eines erheblich höher temperierten Luftstromes oberhalb der Zone von 10—12 *km*.

Es darf, sagt Prof. Assmann, nicht unerwähnt bleiben, dass auch Herr Teisserenc de Bort in Paris, der an seinem Observatoire in Trappes bereits gegen 500 Registrierballons (dort Ballons-sondes genannt) emporgeschickt hat, schon vor einigen Monaten Beweise für eine Verminderung des thermischen Gradienten oberhalb 10 *km* beigebracht hat. In einer kürzlich[1]) erschienenen Mitteilung berechnet er den thermischen Gradienten dieser Höhe auf — 0.3° pro 100 *m* und stellt fest, dass dieses Regime bei cyklonalem Wettertypus in 10 *km*, bei anticyklonalem in 13 *km* Höhe seinen Anfang nehme.

Da seine Ballons (er benutzt ausschliesslich solche aus Papier von 50—60 *cbm* Inhalt) die oben genannten Missstände des mit zunehmender Höhe verlangsamten Aufsteigens besitzen und demnach auch eine Gleichgewichtslage finden, lässt sich ein Beweis des fehlenden Strahlungseinflusses nur bei denjenigen Aufstiegen erbringen,

[1]) Annuaire de la société météorologique de France 1902. 50. p. 49.

die während der Nachtzeit ihre grösste Höhe erreicht haben. Wegen der erheblich längern Zeit aber, die ein allmählich seiner Gleichgewichtslage zustrebender Ballon gebraucht, um seine grösste Höhe zu erreichen, kann diese Bedingung nur dann als erfüllt gelten, wenn der Aufstieg schon 3—4 Stunden vor Sonnenaufgang vor sich gegangen ist, oder wenn man, wie dies nach dem Vorschlage des Verfassers mittels einer Weckeruhr geschehen kann, den Aufstieg erheblich unterhalb der Maximalhöhe abbricht.

So erfreulich nun auch diese Bestätigung der von Assmann mit seiner unzweifelhaft vorteilhaftern Methode gefundenen Ergebnisse ist, so ist doch darauf hinzuweisen, dass dessen Resultate einen erheblichen Schritt weiter gehen, indem er nicht nur eine Wiederabnahme des Temperaturgefälles, sondern eine beträchtliche Zunahme der Temperatur selbst, also einen wärmern Luftstrom, feststellen und auch in einigen Fällen dessen obere Grenzschicht erforschen konnte.

Teisserenc de Bort fügte den oben erwähnten vier thermischen Schichten Bersons eine fünfte hinzu; diese ist durch Assmanns Experimente nicht nur bestätigt, sondern in ihrer Wesenheit als ein absolut wärmerer Strom erkannt; ferner ist aber auch über dieser eine sechste Schicht der Wiederabnahme der Temperatur festgestellt worden.

»Die Ursachen dieser warmen Strömung zu erörtern,« sagt Prof. Assmann, »dürfte verfrüht sein: es liegt nahe, dieselbe als einen Teil der unzweifelhaft vorhandenen grossen atmosphärischen Zirkulation anzusprechen, die den obern Zweig des Luftaustausches zwischen dem Äquator und den Polen vermittelt. Wenn die über den tropischen Meeren unter steter Kondensation ihres Wasserdampfes zu grossen Höhen aufgestiegenen und deshalb relativ warmen Luftmassen auf einer nach den Polen zu schräg abwärts geneigten Bahn fliessen, so würden sie ihren durch Leitung und Strahlung erfolgenden Wärmeverlust durch den dynamischen Vorgang beim Niedersinken wohl ersetzen und auch noch in höhere Breiten als relativ hochtemperierte Strömung vordringen können.

Durch die noch nicht erwähnte Thatsache aber, dass bei mehrern unserer Aufstiege das Vorhandensein einer hohen Cirrusdecke in angenähert gleicher Höhe festgestellt werden konnte, wird der fernere Schluss nahegelegt, dieselbe in einen ursächlichen Zusammenhang mit unserer Diskontinuitätsschicht zu bringen. Die neuern Forschungen haben unzweifelhaft festgestellt, dass wohl alle geschlossenen Wolkendecken in den verschiedenen Höhen mit Diskontinuitäten zusammenfallen, mögen dieselben nach der geistvollen Theorie Hermann v. Helmholtz' unter Wogenbildung ein Produkt des von der Diskontinuität erzeugten labilen Gleichgewichtes sein, oder mögen, wie Berson und Süring nachgewiesen haben, die Zonen höherer Temperatur den aufsteigenden Luftmassen eine Kondensationsgrenze

ziehen. Wendet man diese Erfahrungsresultate auch auf die hier nachgewiesene sehr beträchtliche Diskontinuität in grosser Höhe an, so liegt kein Grund vor, an der Möglichkeit eines derartigen Zusammenhanges zu zweifeln.

Vielleicht liefert der aus den tropischen Meeren stammende warme Luftstrom einen Beitrag von Wasserdampf zur Kondensation, deren Produkt die hohen Cirruswolken sind. Bei der Unsicherheit, die zur Zeit noch über die Entstehungsursachen dieser Wolkengebilde herrscht, dürfte ein jeder Beitrag zu deren näherer Erforschung als willkommen anzusehen sein. Man wird dann vielleicht zu einer schärfern Unterscheidung zwischen hohen Cirren, die ein Produkt der obern Allgemeinzirkulation sind und mit dieser vorwiegend aus westlicher Richtung ziehen, und tiefern kommen, die mit den Druckzentren der untern und mittlern Regionen in ursächlichem Zusammenhange stehen. Der Ausdruck »falsche Cirren«, den man häufig anwendet, deutet an sich schon auf eine grundsätzliche Unterscheidung der Form nach hin.«

Luftdruck.

Über den täglichen Gang des Luftdruckes in Moskau hat Prof. Dr. Ernst Leyst an der Hand der Lambert-Besselschen Formel eine genaue Untersuchung angestellt, und zwar auf Grund stündlicher direkter Beobachtungen. Die Vergleichung der neuen Beobachtungsreihe 1893—1899 mit der alten 1863—1867 führt zu dem Ergebnisse, dass der tägliche Luftdruckgang in Moskau sekulären Änderungen unterliegt, und zwar treten die einzelnen Teile der Tageskurve gegenwärtig früher ein als vor 30—35 Jahren. Vor 7 Jahren hat Verfasser einen ebensolchen Schluss aus den Petersburger Beobachtungen gezogen. In seiner Arbeit:[1] »Untersuchungen über den täglichen und jährlichen Gang der meteorologischen Elemente an den Cyklonen- und Anticyklonentagen,« hat er nachgewiesen, dass für Petersburg in der Periode um 1866 herum die spätesten Eintrittszeiten der Extreme waren, die vorher und nachher auf frühere Stunden fielen, und zwar betrug der Unterschied durchschnittlich 1.2 Stunden. Von derselben Ordnung ist auch die Moskauer Verschiebung, die auch in demselben Sinne stattgefunden hat. Ferner zeigte es sich für Petersburg, dass zur Zeit des späten Eintrittes der Tageskurve 1) niedriger Luftdruck herrschte, was für Moskau auch gilt, indem der gegenwärtige mittlere Luftdruck um 0,3 *mm* höher ist als der der alten Serie; 2) dass zur Zeit des späten Eintrittes der Tageskurve nicht nur der Luftdruck etwas niedriger war als jetzt, sondern auch die Jahresamplitude kleiner.

---

[1]) Repertorium für Meteorologie 16. No. 8. St. Petersburg 1893.

Bei Berechnung der Konstanten der Besselschen Formel hat Verfasser sämtliche 24 Koeffizienten, die man nach stündlicher Beobachtung überhaupt berechnen kann, berechnet, doch muss bezüglich dieses ausführlichen Teiles auf die Arbeit selbst verwiesen werden.

Die Veränderlichkeit der täglichen Barometerbewegung auf dem hohen Sonnblick ist von A. v. Obermayer an der Hand 14 Jahre umfassender Untersuchungen dargestellt worden.[1]) Der tägliche Gang des Barometers auf hohen Berggipfeln ist charakterisiert durch ein Morgenminimum, welches sich mit der Erhebung des Gipfels über den Meeresspiegel vertieft, während das tiefe Nachmittagsminimum der Niederung sich mit der Höhe verflacht. Das Abendmaximum, welches in der Niederung unbedeutend ist, erhöht sich mit der Erhebung über den Meeresspiegel. Für den Sonnblick speziell ergeben sich nun folgende Thatsachen:

Das Morgenminimum des täglichen Barometerganges, welches im Flachlande um 4^h a eintritt, verspätet sich auf dem Sonnblick in den Monaten Dezember und Januar auf 15—20 Minuten nach 6^h a, es weicht in den Monaten März und April auf 6^h a, in den Monaten Mai und Juni auf 5^h a zurück. In den Monaten Juli, August September fällt es in die Zeit zwischen 5^h a und 6^h a, im Oktober und November auf 6^h a. Dieses Morgenminimum, im Thale wenig ausgeprägt, wird auf den Gipfelstationen zum Hauptminimum. Das Vormittagsmaximum, welches im Flachlande um 10^h a eintritt, erscheint auf dem Sonnblick ebenfalls verspätet, und zwar schwankt es je nach der Jahreszeit zwischen 11^h a und 2^h p. Das Nachmittagsminimum, welches im Flachlande als Hauptminimum um 4^h p eintritt, weist auf dem Sonnblick nur sekundären Charakter auf. Das Abendmaximum, welches im Flachlande als sekundäres Maximum um 10^h p auftritt, erlangt mit der Erhebung des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel den Charakter eines Hauptmaximums, eine Erscheinung, welche sich auf dem Sonnblick recht deutlich ausspricht.

Der Verfasser hat im weitern Verlaufe der Arbeit den täglichen Gang des Barometers auf dem hohen Sonnblick nach der Besselschen Formel harmonisch analysiert. Einen sehr interessanten Teil der Arbeit bildet ferner die Untersuchung über die tägliche Schwankung des Barometers an heitern und trüben Tagen. Es haben sich hierbei folgende Gesetzmässigkeiten ergeben: Das Morgenminimum tritt an heitern Tagen früher ein als an trüben. Im Winter ist es an trüben, im Sommer an heitern Tagen mehr vertieft. Das Vormittagsmaximum und Nachmittagsminimum zeigen an heitern und trübeh Tagen ebenfalls charakteristische Unterschiede. Das Abendmaximum tritt an heitern Tagen etwas verfrüht, sehr nahe um 9^h p ein, an trüben Tagen zur normalen Zeit um 10^h p.

---

[1]) Sitzber. d. k. k. Akademie d. Wiss. in Wien **110.** Abt. IIa p. 45.

Wolken.

Die Wolkenbeobachtungen zu Toronto während des internationalen Wolkenjahres sind in ihren Ergebnissen nunmehr veröffentlicht.[1]) Einen das Wesentliche einschliessenden kritischen Auszug daraus giebt R. Süring.[2]) Hiernach wurden vom 21. September 1896 bis 4. Nov. 1897 rund 500 Einzelmessungen gemacht, welche zu 122 Mittelwerten der Höhe, Richtung und Geschwindigkeit der Wolken zusammengefasst sind. Süring giebt folgenden Auszug aus der Tabelle:

	Höhen in *km*				Geschwindigkeit in *m* p. s.				Zugrichtung	
	Mittel				Mittel					
	Sommer	Winter	Max.	Min.	Som.	Wint.	Max.	Min.	Sommer	Winter
Ci	10.90	9.98	11.78	8.22	40	26	61	14	W 47° N	W 11° N
Ci-S	8.94	8.53	10.63	7.08	24	16	40	8	W 49 N	S 68 W
Ci-Cu	8.88	8.25	11.50	5.42	20	30	53	1	W 24 N	W 12 N
A-S	4.24	4.18	5.14	2.47	17	29	32	10	W 23 N	S 70 W
A-Cu	3.52	2.50	4.40	2.30	15	27	36	4	W 6 N	S 56 W
S-Cu	2.00	1.54	2.99	1.06	13	11	20	4	S 63 W	W 9 N
Cu	1.70	1.33	3.86	0.76	8	11	25	3	W 44 N	W 6 N

Als mittlere Zugrichtungen ergeben sich für Toronto:

	0—1000	1—3000	3—5000	5—7000	7—10000	üb. 10000 *m*
Sommer	NNW	W 37° N	W 25° N	W 56° N	W 45° N	NW
Winter	S 68° W	W	S 71 W	W	W 11 N	W 18° N

Hiernach ist im Sommer die Zugrichtung der obern Wolken erheblich nördlicher als über Blue Hill.

Nach Höhenschichten von je 400 *m* geordnet, ergiebt sich eine bemerkenswert gute Übereinstimmung der vertikalen Häufigkeitsverteilung der Wolken über Toronto mit der über Washington und Blue Hill. Im Jahresdurchschnitte sind für Toronto Zonen maximaler Häufigkeit: 1200—1600 *m*, 4000—4400 *m*, 8400—8800 *m* und 10000—10400 *m*. Fast wolkenleer (6 Messungen im Jahre) ist die Schicht von 5000—7600 *m*. Gruppiert man, sagt Süring, die Wolkengeschwindigkeiten nach Schichten von je 2000 *m*, so sieht man recht gut, wie im Winter die Geschwindigkeit grösser und die Zunahme nach oben schneller ist als im Sommer.

Schicht	Geschwindigkeit Sommer	Geschwindigkeit Winter	Häufigkeit Sommer	Häufigkeit Winter
0— 2000 *m*	8.0	10.7	19	28
2000— 4000	15.2	20.9	13	7
4000— 6000	15.3	24.7	7	3
6000— 8000	21.2	42.7	4	3
8000—10000	28.3	31.6	6	15
10000—12000	32.3	(18.4)	18	5

Über Bildung und Konstitution der Wolken verbreitet sich Prof. W. Trabert.[3]) Er hebt zunächst hervor, dass der Wasserdampf seine wichtige Rolle in der Atmosphäre dem Umstande verdankt, dass er als Dampf nur in beschränktem Masse einen gegebenen Raum zu erfüllen vermag. Während wir in einen abgeschlossenen Raum von den übrigen gasförmigen Bestandteilen der Atmosphäre so viel hin-

[1]) Meteorol. Service of the Dominion of Canada. Ottawa 1901.
[2]) Meteorol. Zeitschrift 1902. p. 142.
[3]) Emden, Aëronautische Mittl. 1902. 2.

einpressen können, als wir wollen, ist der Einfuhr von Wasserdampf sehr bald eine Grenze gesetzt. Haben wir einen abgeschlossenen Raum über Wasser, so wird von letzterem ein Teil in Dampfform in den darüber befindlichen Raum übergehen, bei einer gewissen Dampferfüllung des Raumes hört aber jede weitere Verdampfung auf, wir nennen dann diesen Raum »gesättigt«, und es lehrt die Erfahrung, dass dieser Maximalbetrag des aufgenommenen Dampfes allein abhängt von der Temperatur des Raumes, von der Anwesenheit anderer Gase aber völlig unabhängig ist.

Nicht bloss das flüssige Wasser, auch das Eis verdampft, und auch über einer Eisfläche können wir einen Dampfdruck der Sättigung herstellen; wie die Erfahrung lehrt, ist derselbe aber kleiner als bei Wasser von derselben Temperatur. Bringen wir somit ein Eisstück von 0^0 in einen Raum, der über Wasser von 0^0 gesättigt war, so werden auf die Flächeneinheit des Eisstückes mehr Moleküle aufprallen, als sich von ihr losrissen, es findet Massenvermehrung, Kondensation auf dem Eisstücke statt; es ist für das Eis der Raum mit Dampf »übersättigt«. Die grossen, stets dem Winde entgegen wachsenden Rauchreifbildungen, wie man sie auf den Gipfelstationen so vielfach beobachtet hat, bilden eine schöne Illustration dieser Thatsache. Wir sehen schon hier den Begriff der »Sättigung« als einen relativen, je nachdem wir Wasser in fester oder flüssiger Form verwenden. Aber auch bei flüssigem Wasser vermögen wir den Dampfdruck der Sättigung durch Beimengungen (z. B. gelöste Salze) zu modifizieren, und selbst bei reinem Wasser ist er abhängig von der Oberflächengestalt, welche wir der Flüssigkeit geben. Je stärker die Krümmung der Wasseroberfläche, um so leichter vermögen die Wasserteilchen die Oberfläche zu verlassen, um so mehr werden aus derselben heraustreten, und um so grösser wird der Dampfdruck der Sättigung sein müssen. Lord Kelvin hat zuerst für diese Abhängigkeit einen analytischen Ausdruck abgeleitet.

Wir haben in der freien Atmosphäre thatsächlich dampferfüllte Luft und stark gekrümmte Wasserflächen nebeneinander und sehen so bei den Wolken den Fall praktisch realisiert. Auch hier sprechen wir dann von »Übersättigung« der Luft, können dies aber nur, solange wir als »gesättigt« einen von ebenen Wasserflächen begrenzten Raum definieren, welcher bei der gegebenen Temperatur keinen Wasserdampf mehr aufzunehmen vermag. In Wahrheit hängt ja der maximale Dampfgehalt eines bestimmten Raumes ganz von seiner Begrenzung, von der Krümmung der vorhandenen Wasserflächen ab. In der That sehen wir auch die Kondensation bei Überschreitung des Sättigungspunktes an den ebenen Begrenzungen des gesättigten Raumes oder an den in ihm schwebenden Staubteilchen vor sich gehen, und Wilson hat experimentell gezeigt, dass in völlig staubfreier Luft, also bei Fehlen von Kondensationskernen, auch noch nach beträchtlichem Überschreiten des Sättigungspunktes keine Kon-

densation eintritt. In der freien Atmosphäre können es daher auch nur die Staubteilchen sein, an denen Kondensation des Dampfes möglich ist. Je grösser die Teilchen, um so früher wird Kondensation eintreten, je kleiner sie sind, um so später, um so mehr wird die Luft »übersättigt« werden. In der freien Atmosphäre wird somit zuerst an den grössten in der Luft vorhandenen Staubteilchen Kondensation eintreten, es werden sich um diese Kerne Tröpfchen bilden, und es wird diese Kondensation in dem Momente erfolgen, in dem die Luft für diese gegebene Tröpfchengrösse gesättigt ist. Für eine ebene Wasserfläche würde solche Luft stets »übersättigt« erscheinen, und wenn wir als relative Feuchtigkeit das Verhältnis des thatsächlichen Dampfdruckes zum maximalen Dampfdruck über einer ebenen Wasserfläche definieren, dann sehen wir, dass relative Feuchtigkeiten, die 100 % um einen gewissen Betrag überschreiten, nicht bloss möglich, sondern unmittelbar vor der Kondensation in der freien Atmosphäre theoretisch sogar stets vorhanden sein sollten.

Wir haben uns den Prozess der Wolkenbildung nun folgendermassen vorzustellen: zunächst Zunahme der relativen Feuchtigkeit, Erreichung eines Wertes von über 100 %, hierauf erstes Entstehen kleinster Tröpfchen, die nun aber rasch anwachsen, wobei die Feuchtigkeit auf 100 % zurücksinkt. Bei eventueller weiterer Fortdauer der Ursache für die Kondensation wird dann ein langsames weiteres Wachstum der Tröpfchen inmitten gesättigter Luft stattfinden.

Leider ist das Beobachtungsmaterial, das wir zur Prüfung der Theorie zur Verfügung haben, recht dürftig. Ob es thatsächlich Übersättigung in der Atmosphäre giebt, vermögen wir gegenwärtig aus Beobachtungen nicht zu schliessen, da unsere Instrumente zur Messung der Feuchtigkeit wenig verlässlich sind, dass die Beantwortung der Frage nur sehr schwer möglich wäre.

Untersuchungen über die Nebelverhältnisse der Schweiz hat G. Streun angestellt. Das Material lieferten die Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt in Zürich und die von der gleichen Stelle ausgegebenen Wetterberichte. Ursprünglich beabsichtigte Streun, seinen Ausführungen die Beobachtungen der 10 Jahre 1884—1893 zu Grunde zu legen. Bei der Aufstellung der zehnjährigen Mittelwerte stellte sich aber heraus, dass die Nebelhäufigkeit mit dem Jahre 1891 fast überall auffallend abnahm, in Zürich z. B. von 132 jährlichen Nebeltagen (1884—1890) auf 43 (1891—1893) sank. Die Ursache liegt darin, dass mit dem Jahre 1891 eine Änderung im Modus des Zählens der Nebeltage eingetreten ist. Vorher wurden auch Tage, an welchen entweder bei den Terminbeobachtungen oder in der Rubrik »Bemerkungen« »neblig« notiert war, als Nebeltage gerechnet, seit 1891 hingegen nicht mehr, wenigstens da nicht, wo die Beobachter starken Nebel, Nebel, leichten oder schwachen Nebel und neblig genau auseinander halten. Der durch

diese Änderung im Zählen der Nebeltage in den Beobachtungsreihen vieler Stationen entstandene Sprung von 1890 auf 1891, sowie auch der Umstand, dass zur Bildung der zehnjährigen Mittel 1884—1893 nur für ca. 50 Stationen das Material vollständig erhältlich war, veranlassten Streun, die Untersuchungen über die Nebelverhältnisse der Schweiz ausschliesslich auf Grund der Beobachtungen im Lustrum 1891—1895 vorzunehmen. Soweit keine andern Zeitangaben gemacht sind, beziehen sich denn auch alle Daten seiner Erörterungen auf diesen Zeitraum. Derselbe ist zu einem ins einzelne gehenden Studium aller Verhältnisse etwas kurz, und es schien anfangs zweifelhaft, ob sich vergleichbare Resultate ergeben würden. Im Laufe der Arbeit zeigte sich aber, dass die Angaben über Nebel für die Jahre 1891—1895 bei unter ungefähr gleichen Bedingungen stehenden Stationen recht gut miteinander übereinstimmen, und sich auf ihnen eine zuverlässige Untersuchung wohl aufbauen lässt. Im ganzen wurden die Aufzeichnungen von 98 Stationen der Schweiz benutzt und als Nebeltag jeder Tag gezählt, an welchem die Station selbst im Nebel lag. Über die zeitliche und räumliche Verteilung des Nebels ergab sich nun folgendes:

In den tiefen Lagen, also beim Thalnebel, zeigte sich ein stark ausgesprochenes Maximum der Nebelhäufigkeit am Morgen; Mittag und Abend sind bedeutend ärmer an Nebel. Besonders scharf treten diese Morgenmaxima im September und Oktober hervor. Die weitaus grösste Zahl der im Herbst so häufigen Nebeltage ist mithin auf Morgennebel zurückzuführen. Dieses Maximum ist durch die tägliche Temperaturschwankung bedingt. Während der Nacht kühlt sich die Erdoberfläche durch Wärmeausstrahlung ab und teilt ihre niedrige Temperatur den untersten Luftschichten mit. Sinkt diese hier unter den Taupunkt, so muss Kondensation und damit Nebelbildung eintreten.

Anders gestaltet sich die tägliche Periode der Nebelhäufigkeit in höhern Lagen, also bei Bergnebel. Die Gipfelstationen Rigi-Kulm und Säntis zeigen eine nur schwach ausgesprochene tägliche Periode der Nebelhäufigkeit. Auf dem Rigi verläuft dieselbe während 9 Monaten und im Jahresdurchschnitte wie in der Niederung. Die andern Monate zeigen andere Verhältnisse.

Stärker verwischt ist die tägliche Periode der Nebelhäufigkeit auf dem Säntis, dessen Nebelbeobachtungen sich durch Genauigkeit auszeichnen. Am häufigsten tritt hier der Nebel, besonders in der warmen Jahreszeit, am Abende auf. Die Nebelhäufigkeit nimmt meist vom Morgen zum Abende oder richtiger zum Nachmittage zu. Letzteres zeigen die Beobachtungen, die 1888—1893 (dem Zeitpunkte der Installierung selbstregistrierender Instrumente) an 8 Terminen angestellt wurden.

Das häufigere Auftreten des Nebels auf Gipfeln am Nachmittage hängt damit zusammen, dass Nebel am Gipfel seiner Entstehung nach

etwas ganz anderes, als Nebel im Thale ist. Er wird notiert, wenn Wolken den Gipfel einhüllen. Die tägliche Periode der Nebelhäufigkeit entspricht daher hier der Periode der Bewölkung mit ihrem Nachmittagsmaximum.

Die Resultate kurz zusammenfassend resümiert Streun: Die Nordabdachung des Jura, das Mittelland und die tiefen Alpenthäler dies- und jenseits der Wasserscheide, also das Gebiet der Thalnebel, haben infolge der nächtlichen Abkühlung des Bodens und der anlagernden Luftschichten ausgesprochene Morgennebel. Auf den Gipfeln, die Bergnebel haben, ist die Häufigkeit des Nebels ziemlich gleichmässig auf die einzelnen Tagesstunden verteilt. Ein nur schwach hervortretendes Maximum stellt sich in den Nachmittagsstunden ein. Dasselbe wird hervorgerufen durch die Cumuli der im Thalwinde aufsteigenden Luftmassen.

Es ergiebt sich ferner, dass die Nebelhäufigkeit je nach der Jahreszeit und der geographischen Lage ausserordentlich verschieden ist. Doch weisen ähnlich gelegene Stationen in den meisten Fällen eine mehr oder minder grosse Übereinstimmung auf.

Eine genauere Zusammenstellung über den jährlichen Gang der Nebelhäufigkeit lässt dann die in den Niederungen deutlich ausgesprochene, mit zunehmender Höhe aber immer mehr verwischte jährliche Periode erkennen. Im Jura nimmt die Nebelhäufigkeit im Januar und Februar immer ab, erreicht im April ein erstes und im Juni ein zweites Minimum, um im Herbste zuerst rasch, dann langsamer zum Novembermaximum anzusteigen. Im schweizerischen Mittellande fällt das Minimum auf den Sommer; im Herbste steigt die Häufigkeit des Nebels ziemlich gleichmässig und erreicht im November ihr Maximum; dasselbe ist hier schärfer ausgesprochen als im Jura und etwas gegen den Winter verschoben. In den tiefen nördlichen Alpenthälern fällt die Nebelhäufigkeit in den ersten zwei Monaten des Jahres rasch und gleichmässig ab, bleibt im Frühlinge und auch im Sommer sehr klein, um im Herbste zuerst langsam und dann rasch anzusteigen und im Dezember ihren scharf hervortretenden höchsten Stand zu erreichen. Eine weit weniger deutliche jährliche Periode trifft man bereits in einer Höhe von ca. 1000 *m*, wo Thal- und Bergnebel nebeneinander auftreten. Die Häufigkeit des Nebels nimmt hier vom Dezember bis zum August zuerst rascher, dann sehr langsam ab und steigt bis zum November wieder gleichmässig an. Unregelmässig ist der Gang der Nebelhäufigkeit in den Hochthälern. Doch zeigt sich ein Minimum im Winter und ein Maximum im Oktober. Auf den Gipfeln mit ihren Bergnebeln ist die jährliche Periode der Nebelhäufigkeit fast ganz verwischt. Zwei ganz schwache Maxima entfallen auf Mai und Oktober. Das Winterminimum tritt etwas deutlicher hervor als dasjenige vom August. Auf dem Säntis steigt die Nebelhäufigkeit vom März bis Juni langsam an und fällt dann ebenso langsam bis zum November wieder ab. Ein Maximum im

Sommer und ein Minimum im Winter lassen sich hier, allerdings nur wenig ausgesprochen, erkennen.

Die dem Boden aufruhenden Nebel verdanken, wie Streun hervorhebt, ihre Entstehung wohl stets der Berührung der Luft mit dem durch Ausstrahlung abgekühlten Boden. Bergnebel, d. h. die Wolken, die die Berge einhüllen, sind dagegen meist das Resultat eines Aufsteigens der Luft. Eine intensive Abkühlung durch Berührung mit dem durch Ausstrahlung erkalteten Boden kann nur bei Abwesenheit von Luftbewegung, also bei stillem Wetter, stattfinden, wie es unter dem Einflusse einer Anticyklone sich einstellt. Thalnebel sind daher an anticyklonales Wetter geknüpft. Anders die Bergnebel. Ein Aufsteigen der Luft, wie es zu Wolkenbildung führt, findet besonders unter dem Einfluss von Cyklonen statt. Bergnebel sind daher besonders an cyklonales Wetter geknüpft.

Die speziellen Untersuchungen von Streun bestätigen diese Schlussfolgerungen durchaus, und die erhaltenen Resultate zusammenfassend, giebt er für Nebel in tiefen Lagen einerseits und Nebel auf hohen Bergen anderseits folgende Charakteristik der allgemeinen Wetterlage:

Im Winterhalbjahre ist bei Nebel unten der Luftdruck sowohl in Zürich als auch auf dem Säntis übernormal. Die Temperatur ist unten etwas zu niedrig, oben beträchtlich zu hoch. Chaumont und noch Rigi sind namentlich in den Wintermonaten wärmer als Zürich, und Säntis ist nur wenig kälter. Die Temperatur der Luftsäule ergiebt sich sowohl aus direkten Beobachtungen, als auch aus den Abweichungen des Luftdruckes berechnet als viel zu hoch verglichen mit der normalen. Die Temperatur nimmt mit zunehmender Höhe zuerst zu, später etwas ab, die relative Feuchtigkeit dagegen sinkt rasch. Die Windstärke ist oben und unten zu klein. Es existiert ausgesprochen anticyklonales Wetter.

Bei Nebel in der Höhe ist der Luftdruck unten und oben unternormal; die Temperatur ist bis wenig über die Höhe des Chaumont zu hoch, weiter oben zu tief. Die beobachteten und noch mehr die berechneten Abweichungen der Temperatur der Luftsäule sind negativ. Die Temperatur nimmt nach oben rasch ab, die relative Feuchtigkeit langsam zu. Die Windstärke ist oben etwa normal, unten erheblich zu gross. Das Wetter ist cyklonal.

Im Sommerhalbjahre hatte Zürich im Lustrum 1891—1895 sehr wenig Nebel; die Anzahl der Morgentermine mit Nebel ist zur Bildung zuverlässiger Mittelwerte zu klein. Eine im Mittel zutreffende Charakteristik der Wetterlage bei Nebel in der Tiefe im Sommer müsste sich über einen viel grössern Zeitraum erstrecken.

Bei Nebel in der Höhe ist das Wetter im allgemeinen von demjenigen des Winterhalbjahres wenigstens dem Sinne nach nicht wesentlich verschieden. Der Luftdruck ist unten und oben zu niedrig. Die Abweichungen oben sind im Verhältnisse zu denjenigen unten

grösser als im Winterhalbjahre. Die Temperatur ist in allen Höhenlagen unter dem Mittel und weicht infolgedessen erheblich mehr von der normalen ab als im Winter. Dies gilt auch von den berechneten Temperaturen. Die Temperatur nimmt nach oben rascher ab, die relative Feuchtigkeit langsamer zu als im Winter. Die Windstärke, die bei Nebel auf dem Säntis unten das ganze Jahr hindurch zu gross ist, ist gleichzeitig oben ziemlich normal. Alle Momente, die cyklonales Wetter charakterisieren, treten in der warmen Jahreszeit noch schärfer hervor als in der kalten. Nebel in der Höhe ist also während des ganzen Jahres durch cyklonales Wetter bedingt.

Streun hat auch Untersuchungen über die obere Grenze des Nebelmeeres angestellt, auf Grund der Angaben der drei Gipfelstationen Säntis, Pilatus und Rochers de Naye. Dieselben erscheinen gleichsam als Pegelstationen im Nebelmeer, indem sie dessen Stand an den Beobachtungsterminen numerisch angeben.

Aus den direkten Zahlenangaben dieser Stationen berechnet er die mittlere Höhe des Nebelmeeres zu rund 900 *m*, bemerkt aber, dass das wahre Mittel etwas tiefer liegen dürfte als das berechnete.

Die obere Grenze des Nebelmeeres weicht von einer Niveaufläche erheblich ab. In der Zentralschweiz liegt sie 100—200 *m* höher als am Bodensee und am Genfersee. Dieses Gefälle nach Nordosten und Südwesten, sagt Streun, wird nicht etwa durch einige extreme, die Mittel stark beeinflussende Einzelangaben hervorgebracht, sondern zeigt sich — und das ist wesentlich — ohne Ausnahme in allen zusammengehörigen Einzelwerten, ist also immer vorhanden. Die Abnahme der Höhe des Nebelmeeres nach Nordosten dürfte durch topographische Verhältnisse bedingt sein. Der Nordrand des Beckens, welches die kalten, stagnierenden Luftmassen, die aus der allgemeinen anticyklonalen Zirkulation ausgeschlossen sind, enthält, wird in der Nordschweiz nach Osten hin immer niedriger. Es ist infolgedessen ein Abfliessen der kalten Luft in geringern Höhen möglich. Nach Südwesten hin trifft dies allerdings nicht zu.

Auch in die Thäler am Nordfusse der Alpen senkt sich die obere Grenze des Nebelmeeres herab. Chur und Meiringen mit 600 *m* Seehöhe waren im November 1897 meistens nebelfrei. Nach Mitteilungen R. Billwillers in Zürich an J. Hann in Wien ist diese Nebelfreiheit der Alpenthäler einfach auf eine Föhnwirkung zurückzuführen.

Sehr häufig stand das Nebelmeer am Säntis in einer Höhe von 700—800 *m*, am Pilatus dagegen in einer solchen von 900 *m*. Ferner lag an beiden Bergen der Nebelmeerspiegel oft bei 1100 *m*, merkwürdigerweise aber relativ selten bei 1000 *m*.

Die obere Grenze der Nebelschicht erleidet im Verlaufe eines Tages Schwankungen. Am besten können diese Veränderungen im Stande des Nebelmeeres an der Hand der täglich fünfmaligen Angaben der Station Säntis verfolgt werden. Vormittags scheint eine

typische Änderung in der Höhenlage der obern Grenze des Nebelmeeres nicht stattzufinden. Der Spiegel desselben behält vielfach (besonders in der Gegend vom Säntis) den ganzen Vormittag hindurch die gleiche Höhenlage bei. Steigen und Sinken treten unregelmässig, aber mit ziemlich gleicher Häufigkeit und auch nahezu gleichen absoluten Beträgen auf. Anders sind die Verhältnisse am Nachmittage. Zwischen 1 und 4 Uhr zeigt in der Umgebung des Säntis die obere Grenze der Nebelschicht eine entschiedene Tendenz zum Steigen. Auf dieses Anschwellen folgt von 4—9 Uhr ein ebenso deutlich ausgesprochenes Sinken des Nebelspiegels. Ob dieses Steigen und Fallen auch am Pilatus sich einstellt, kann aus den vorhandenen Angaben nicht ermittelt werden. Während der Nacht überwiegt am Säntis sowohl als auch am Pilatus in der Häufigkeit und auch den absoluten Beträgen nach das Steigen der obern Grenze des Nebelmeeres etwas weniges über das Fallen derselben. Am tiefsten steht der Spiegel des Nebelmeeres am Säntis um Mittag, am Pilatus am Abende.

Beobachtungen über Nebelbildung und photographische Aufnahmen der obern Flächen ausgedehnter Nebel und Dunstmassen hat Prof. Mc. Adie vom meteorologischen Observatorium Mount Tamalpais in Californien in 2500 Fuss Höhe, gegenüber der Bai von San Franzisko ausgeführt.[1]) Von den interessanten Aufnahmen ist auf Tafel V eine reproduziert. Dieselbe wurde 1900 Juli 30 $7^h\ 15^m$ nachmittags aufgenommen, bei Westwind in San Franzisko und Südwind auf Mount Tamalpais. Im Vordergrunde liegt die Stadt Mill Valey. Die Oberfläche des Nebels steigt an einer Stelle in Gestalt einer Pyramide empor, während der Nebel des Hintergrundes über dem Golden Gate und der Bucht von San Franzisko liegt. Diese Formation ist höchst eigentümlich, und es mag noch bemerkt werden, dass der Boden unter der Nebelpyramide horizontal ist, und die Aufwölbung des Nebels durchaus nicht durch darüber liegende Höhen bedingt wird.

Niederschläge.

Untersuchungen über die Verdunstung hat Prof. G. Schwalbe ausgeführt.[2]) Zunächst weist er darauf hin, dass es sich bei allen Verdunstungsmessungen nur um relative Werte handeln kann, d. h. man kann bei möglichst gleichmässiger Aufstellung der Instrumente an den einzelnen Stationen nur erzielen, dass die Beobachtungen untereinander vergleichbar sind. Die absolute Grösse der Verdunstung vermögen wir bislang nicht zu messen.

---

[1]) Proceedings of the second Convention of Weather Bureau Officiale. U. St. Departm. of Agricultur Bulletin No. 81. Washington 1902.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 49.

Zur Erlangung guter Relativzahlen dient bekanntlich das Evaporimeter, wie es besonders von Wild beschrieben worden ist. Da jedoch nur eine verhältnismässig kleine Anzahl von Stationen mit diesem Instrumente ausgerüstet werden kann, so erschien es wünschenswert, eine neue Grundlage zu schaffen.

Schwalbe hat nun den jährlichen Gang der Verdunstung einer grossen Anzahl von Stationen untersucht, an welchen gleichzeitige Beobachtungen am Evaporimeter und am Psychrometer vorhanden sind, nämlich Potsdam, Cordoba in Argentinien, Madrid, sowie neunzehn gleichmässig über das Russische Reich verteilte Stationen. Für alle Stationen wurde zunächst festgestellt, ob der jährliche Gang der Verdunstung dem jährlichen Gange der psychrometrischen Differenz proportional war, d. h. ob bei Multiplikation der erstern Werte mit einem geeigneten Proportionalitätsfaktor die so erhaltenen Werte annähernd denen der psychrometrischen Differenz entsprachen. Dieser Faktor muss natürlich für jeden Monat einer einzelnen Station der gleiche sein. Bei der Verschiedenheit, welche der anzuwendende Proportionalitätsfaktor für die einzelnen Stationen zeigt, war es wichtig, zu untersuchen, inwieweit trotz dieser Verschiedenheit die Stationen unter sich vergleichbar bleiben. Das Schlussergebnis lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die psychrometrische Differenz ist ein relatives Mass der Verdunstung. An Orten, an welchen letztere gross ist, ist auch erstere gross und umgekehrt.

2. Der jährliche Gang der psychrometrischen Differenz hängt in derselben Weise vom Sonnenstande ab wie derjenige der Verdunstung.

Hiernach gewinnt es den Anschein, als ob man sich mit Erfolg bei Verdunstungsuntersuchungen der psychrometrischen Differenz bedienen kann, was besonders in der Frage nach der geographischen Verteilung der Verdunstung, sowie bei Untersuchungen über den täglichen und jährlichen Gang dieser Grösse von Wichtigkeit sein wird.

Die Häufigkeit des Regens in Paris nach den Beobachtungen von 1873—1900 zu Parc S. Maur ist von Angot untersucht worden.[1]) Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse dieser Untersuchung. Die erste Kolumne giebt die Zahl der Niederschläge überhaupt, ohne Rücksicht auf die Quantität der Niederschlagsmengen. Man sieht später die Unterschiede im jährlichen Gange je nach dem Schwellenwerte der Niederschlagstage.

Die Tage, an welchen die Niederschlagsmenge 30 *mm* erreicht oder überschritten hat, sind gering, man zählt deren nur sechzehn in 28 Jahren. Die Tage, an denen mehr als 35 *mm* gefallen sind, waren:

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 428.

Datum:	Mai	Juni	Juli	August	August	Oktober		
	(26.) 1881	(20.) 1896	(8.) 1873	(20.) 1900	(19.) 1875	(22.) 1880	(16.) 1896	(25.) 1892
Menge	47.6	38.4	36.0	41.8	50.9	39.6	41.1	50.6 *mm*

Häufigkeit der Regentage versch. Intensität zu Paris 1873—1900 (Parc S. Maur).

	Niederschlagstage überhaupt	Regenmasse gleich oder über							Wahrscheinlichkeit			
		0.5	1 *mm*	5	10	15	20	25	überhaupt	1 *mm*	5 *mm*	10 *mm*
Jan.	13.8	10.8	8.1	2.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.45	.26	.07	.02
Febr.	13.0	10.7	8.3	2.0	0.4	0.2	0.0	0.0	.46	.29	.07	.02
März	13.0	10.5	8.9	2.6	0.7	0.3	0.1	0.0	.42	.29	.09	.02
April	12.5	10.2	8.9	2.9	0.6	0.2	0.1	0.0	.42	.30	.10	.02
Mai	12.7	10.2	8.5	2.9	1.1	0.3	0.2	0.1	.41	.27	.09	.04
Juni	13.2	10.6	9.1	3.9	1.7	0.9	0.5	0.2	.44	.30	.13	.06
Juli	12.9	10.6	9.1	3.9	1.4	0.7	0.2	0.1	.42	.29	.13	.05
August	12.2	10.1	8.3	3.2	1.6	0.8	0.5	0.2	.39	.27	.11	.05
Sept.	12.0	9.7	8.5	3.3	1.3	0.7	0.3	0.0	.40	.28	.11	.04
Okt.	15.1	11.9	10.4	4.0	1.6	0.7	0.4	0.2	.49	.33	.13	.05
Nov.	15.5	11.9	9.9	3.0	0.9	0.3	0.1	0.1	.52	.33	.10	.03
Dez.	15.8	12.5	9.9	3.2	0.8	0.2	0.1	0.0	.51	.32	.10	.03
Jahr	161.7	129.7	107.9	37.0	12.7	5.3	2.3	0.9	.44	.29	.10	.04

Der Wolkenbruch in Berlin am 14. April 1902. Prof. G. Hellmann macht über die ungleiche Regendichtigkeit während dieses Wolkenbruches in Berlin und der Umgebung interessante Mitteilungen.[1]) In Berlin selbst schwanken die gemessenen Regenhöhen zwischen 166.0 und 42.1 *mm*, nördlich bis 9 *km* Entfernung von Berlin zwischen 98.0 und 14.3 *mm*, östlich in 7.5 *km* wurden 4.0, westwärts bis 9 *km* Entfernung 54.0 *mm* gemessen. »Am grössten sind die Unterschiede im Regenfalle in der Richtung von W nach E. Am Ostrande der Stadt beträgt die Menge 10—20 *mm*, in 7 *km* Entfernung nur 4 *mm* und östlich einer Linie, die etwa in der Richtung Jüterbog—Zossen—Wriezen, also nur 28 *km* östlich von Berlin, verläuft, regnete es überhaupt nicht. Das Gebiet des Maximalregenfalles mit beiläufig 150—170 *mm* liegt im nordwestlichen Teile der innern Stadt und dürfte kaum einen halben Quadratkilometer gross sein.

Aber auch nach W hin ist der Abfall der Regenmenge gross; denn nur 11 *km* westlich vom Maximalgebiete, in Ruhleben bei Spandau, werden bloss 29 *mm* gemessen. Am geringsten sind natürlich die Unterschiede in der Richtung von NNE nach SSW, in der das Unwetter fortgeschritten ist. Während des stundenlangen heftigen Gewitters konnte man ein Fortschreiten desselben allerdings kaum bemerken, es zeigt sich ein solches aber deutlich aus dem Verhältnisse der vor und nach 7^{a} gemessenen Regenmengen.

Der Regenfall scheint zwischen 5 und 6^{a} am ergiebigsten gewesen zu sein. Bald nach 6 Uhr (6^{10}—6^{16} wird notiert) fiel in einem Teile der innern Stadt auch starker Hagel, der bis gegen 6^{40}

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 463.

anhielt. Er wurde von den Wasserströmen, die sich auf den Strassen gebildet hatten, nach tiefer gelegenen Orten und in die Häuser fortgeschwemmt, wo er bis gegen Mittag, ja stellenweise bis zum nächsten Tage noch liegen blieb und in Dutzenden von Eimern weggeschafft werden musste. Dieser Hagel hat durch Verstopfung der Röhren etc. sicherlich auch dazu beigetragen, dass die enormen Wassermassen langsamer abflossen und der durch sie angerichtete Schaden, den man nach vielen Hunderttausenden von Mark bemessen darf, noch grösser wurde, als er bei blossem Regenfalle gewesen wäre. Der Strassenverkehr erlitt am Vormittage erhebliche Störungen, und sogar der Schulunterricht musste ausfallen, was in Berlin wohl noch nie dagewesen ist.«

Die hier dargelegten Verhältnisse bestätigen durchaus die bereits früher von Prof. Hellmann wahrgenommene Thatsache, dass ein Wolkenbruch räumlich wie zeitlich von sehr beschränkter Ausdehnung ist.

Die 35jährige Periode der Regenschwankung. Vor Jahren hat bekanntlich Prof. E. Brückner (Bern) den Nachweis geliefert, dass die Landflächen der Erde um das Jahr 1880 herum ein Maximum des Regenfalles aufwiesen, ebenso wie sie vorher um 1860 ein Minimum und um 1850 ein Maximum gezeigt hatten. Später hat Brückner auch die Änderung des Regenfalles für Preussen bis 1893 und für das europäische Russland bis 1890 untersucht und gegen 1880 eine geringe Abnahme des Regenfalles gefunden. Jetzt weist er nun[1]) an der Hand des zahlreichen, in Amerika zusammengebrachten Beobachtungsmateriales nach, dass auch in den Vereinigten Staaten in den Jahren 1877—1886 die Regenfälle am ausgiebigsten waren, und dass darauf eine bedeutende Abnahme bis 1899 erfolgte. Im obern Ohio- und im mittlern Mississippi-Thale herrschte um die Mitte der 30er Jahre Trockenheit, dann nahm der Regenfall zu und erreichte Ende der 40er Jahre ein Maximum; hierauf nahm er wieder ab und sank nach längerem Schwanken anfangs der 70er Jahre auf das Minimum herab, dann begann eine Zunahme bis anfangs der 80er Jahre, und bis zum Schlusse des Jahrhunderts nahm er abermals bedeutend ab. Als Dauer einer vollen Schwankung ergiebt sich ein Zeitraum von 34—35 Jahren. Die Beobachtungen zu Bremen und Brüssel ergaben ein Minimum des Regenfalles um 1833—1836, ein Maximum um 1850, dann ein Minimum um 1872, worauf 1882 wiederum ein Maximum folgte. Die Beobachtungen zu Köln zeigen, dass in den Jahren 1848—1854 der Mittelwert der Niederschläge erheblich überschritten ward, dann folgte Abnahme in den Jahren 1855—1859, hierauf bis 1862 Zunahme, der wieder einige Jahre verminderter Niederschläge folgen, worauf abermals eine Reihe regenreicher Jahre von 1875—1884

[1]) Petermanns Mitteil. 1902. p. 173.

folgt. Prof. Brückner zeigt, dass auch in Ostsibirien und am Amur die 35jährige Periode der Klimaschwankungen hervortritt. Die Epochen der grössten Regenhäufigkeit und Trockenheit stellen sich in den einzelnen Fällen etwas unregelmässig ein, sie verfrühen oder verspäten sich. Diese Verfrühung oder Verspätung wird dann von der nächsten Epoche der betreffenden Reihe wieder eingeholt. Auch die Grenzen der feuchten und der trockenen Perioden zeigen derartige Unregelmässigkeiten. Die Klimaschwankungen haben, wie Brückner betont, eben eine meteorologische und keine mathematische Periode.

Der grosse Staubfall vom 9.—12. März 1901. Eine eingehende Untersuchung dieser grossartigen und für Norddeutschland immerhin seltenen Naturerscheinung haben G. Hellmann und W. Meinardus in eingehendster Weise durchgeführt. Sie erschien um so lohnender, weil das Bestehen eines wohlgeordneten Netzes meteorologischer Stationen in Norddeutschland, insbesondere eines dichten Netzes von mehr als 2000 Regenstationen, von vornherein die Möglichkeit in Aussicht stellte, die besondern Eigentümlichkeiten eines solchen Staubfalles, wenigstens für das eben genannte Gebiet, des Nähern aufzudecken. Die mineralogischen Bestandteile des Staubes hat Prof. Dr. C. Klein an einer Auswahl von 52 Staubproben untersucht, und Prof. Dr. J. Früh vom Polytechnikum in Zürich hat seine diesbezüglichen Analysen zur Verfügung gestellt. Ferner liess sich eine Reihe von Analysen dieses Staubfalles verwerten, die in Bremen, Budapest, Fiume, Graz, Hamburg, München, Paris, St. Petersburg, Tunis und Wien gemacht worden sind.

Die Einzelheiten ihrer sehr umfassenden Arbeit haben Hellmann und Meinardus in einer grössern Schrift veröffentlicht,[1]) in der die Hauptergebnisse von den beiden Bearbeitern formuliert sind wie folgt:

A) Räumliche Verbreitung des Staubfalles. 1. Das Gebiet des Staubfalles vom 9.—12. März 1901 erstreckt sich in meridionaler Richtung vom südalgerischen Wüstengebiete nordwärts bis zu den süddänischen Inseln, d. i. über mehr als 25 Breitengrade oder 2800 *km*.

Versprengte Staubvorkommnisse sind noch in den russischen Gouvernements Kostroma und Perm festgestellt, die, in der Luftlinie gemessen, mehr als 4000 *km* vom südlichen Algier entfernt liegen.

2. Das vom Staubfalle betroffene Gebiet ist keine geschlossene Fläche, es wird vielmehr von staubfreien Strecken durchsetzt; zu diesen gehört der grösste Teil Süddeutschlands und der nordösterreichischen Kronländer, Russisch-Polen u. s. w.

3. Der Flächeninhalt des vom Staube betroffenen Ländergebietes lässt sich auf mindestens 800000 *qkm* schätzen. Dazu kommen noch annähernd 450000 *qkm* Meeresfläche im Mittelmeergebiete.

B) Zeitliches Auftreten und Art des Staubfalles. 4. Der erste Eintritt des Staubfalles verspätet sich von Süden nach Norden (1. Beweis für die afrikanische Herkunft des Staubes).

Im südalgerischen Wüstengebiete herrschten Staubstürme am 8., 9. und 10. März, in Sicilien und Italien fiel Staub am 10., in den Ostalpen in der Nacht auf den 11., im mittlern Norddeutschland am Vormittage des 11., in Nordwestdeutschland am Nachmittage und Abende des 11., im südlichen Dänemark in der Nacht zum 12.

---

[1]) Abhandlungen des Königl. Preuss. Meteorologischen Instituts 2. No. 1. Der grosse Staubfall vom 9.—12. März 1901. Von G. Hellmann und W. Meinardus. Mit 6 Tafeln, Berlin 1901.

Weiter östlich traten die Staubfälle später auf: in Ungarn am 11. vormittags, in Galizien, Posen, Westpreussen am Nachmittage, in Ostpreussen am späten Abende des 11. März, in den schon erwähnten russischen Gouvernements am Nachmittage und Abende des 12. März.

5. Der Staub fiel in Algier und Tunis trocken aus der stürmisch bewegten Luft, in Italien trat ausser trockenem Staubfalle bei stürmischem Scirocco auch von Staub durchsetzter wässeriger Niederschlag auf. In Österreich-Ungarn und nördlich davon war das Phänomen an atmosphärische Niederschläge (Regen, Schnee, Graupel, Hagel und Eiskörner) gebunden.

C) Menge des Staubes. 6. Die Quantität des auf die Flächeneinheit gefallenen Staubes (Staubfallintensität) nimmt im allgemeinen von Süden nach Norden ab. (2. Beweis des afrikanischen Ursprunges.) Doch treten infolge von Staubwirkung lokale Verdichtungen auf, wie auf der Südseite der Ostalpen und in Holstein.

Die auf europäischem Boden niedergefallenen Staubmengen haben schätzungsweise ein Gewicht von rund 1800000 Tonnen. Zwei Drittel davon fielen südlich der Alpen.

D) Beschaffenheit des Staubes. 7. Die Farbe des Staubes war im allgemeinen rötlich-gelb-bräunlich. Durch lokale Verunreinigungen haben einige Staubproben eine mehr ins Graue spielende Farbe bekommen. Durch Befeuchten wird der Farbenton dunkelrostbraun.

8. Die mineralogischen Bestandteile des Staubes sind: Hauptbestandteil überall Quarz, ferner Thon (Glimmer und Feldspat), Calcit und Eisenoxyde, letztere als färbende Substanz (Limonitüberzug). Seltenere accessorische Bestandteile sind: Gips, Hornblende, Biotit, Turmalin, Granat, Magnetit, Epidot, Titanit, Rutil und Zirkon. In keiner genauer untersuchten Probe fehlt es ferner an geringen organischen Bestandteilen, deren Charakter aber von Ort zu Ort wechselt.

Vulkanische Gemengteile fehlen durchaus.

9. Der Staub ist terrestrischen Ursprunges, stellt ein äolisches Sediment dar und wird von den meisten Sachverständigen nach seiner mikroskopischen Struktur und seiner Zusammensetzung als trockenes Verwitterungsprodukt, als feinste Abwehung von Wüstensand, als Löss bezeichnet. (3. Beweis des afrikanischen Ursprunges.)

Die auch vertretene Annahme, es handle sich um Laterit aus den tropischen Teilen Afrikas, ist aus meteorologischen Gründen abzuweisen.

10. Es war aus Mangel an genauen Analysen von Wüstensand nicht möglich, die Ursprungsstätte des Staubes im afrikanischen Wüstengebiete genauer zu bezeichnen.

11. Von Süden nach Norden hat eine Saigerung der Staubmassen nach dem spezifischen Gewichte und der Korngrösse ihrer Bestandteile stattgefunden. (4. Beweis des afrikanischen Ursprunges.)

Die prozentische chemische Zusammensetzung des Staubes zeigt von Süden nach Norden eine Abnahme des Quarzgehaltes, eine Zunahme des Thongehaltes. Die Grösse der Bestandteile nimmt in gleicher Richtung ab. Der Staub wird nach Norden hin feiner, die grössern Quarzsplitter und Glimmerblättchen fallen heraus. In Palermo hatte die Mehrzahl der Staubteilchen eine Grösse von 0.011—0.013 *mm*, in Bergedorf bei Hamburg von 0.0038—0.009 *mm*. Ein Quarzkörnchen des in Norddeutschland gefallenen Staubes hatte durchschnittlich ein Gewicht von $\frac{1}{3200000000}$ *g*

E) Witterungsverhältnisse während des Staubfalles. 12. Gleichzeitig mit der Ausbreitung des Staubfalles nach Norden zog vom 10.—12. März eine Depression von Tunis nach der südlichen Ostseeküste in nahezu nordnordöstlicher Richtung.

13. Die Ursprungsstätte dieser Depression lässt sich nicht ermitteln. Die Wind- und Wetterverhältnisse am 9. März deuten aber darauf hin,

dass schon um diese Zeit eine Depression im südalgerischen Wüstengebiete vorhanden war, die vielleicht bei ihrer Nordwärtsbewegung nach der Bai von Tunis durch das Hinzukommen einer aus Nordwesteuropa stammenden flachen Depression verstärkt wurde.

14. Die Lage einer Depression über Tunis scheint überhaupt für die Entwickelung von Staubstürmen und eine nachhaltige Trübung der Luft in der Wüste El Erg besonders günstig zu sein, da bei dieser Wetterlage das Wüstengebiet in Lee des algerischen Hochlandes liegt und von föhnartigen trockenen Winden getroffen wird, so dass der dort aufgewirbelte Staub von Niederschlägen nicht wieder zu Boden gebracht, sondern durch die Winde in den östlichen Quadranten der Depression getragen wird.

15. Die Bewegung der Depression von Süden nach Norden lässt erfahrungsgemäss auf die Existenz einer allgemeinen, sie forttragenden südlichen Luftströmung in den untern und mittlern Luftschichten schliessen.

16. Die Luftdruckverteilung in 2500 *m* Höhe deutet ebenfalls auf eine Südströmung von Tunis nach dem mittlern Norddeutschland hin.

17. Die Beobachtungen bestätigen, dass am 10. und 11. März ein breiter Luftstrom von Süden nach Norden Sicilien, Italien und Mitteleuropa überweht hat.

In Sicilien und Italien herrschte am 10. März überall stürmischer Scirocco aus Süd und Südost. Weiter nach Norden lässt sich der südliche Luftstrom nur in den obern Schichten aus den Beobachtungen auf den Gipfeln der Ostalpen und des Riesengebirges erkennen. In den untern Schichten wehten schwache cyklonische östliche Winde. Stellenweise durchbrach in Norddeutschland die obere Südströmung böenartig die seichte, fast ruhende untere Luftschicht und drang bis zur Erdoberfläche durch.

18. Das gleichzeitige Auftreten des starken Südstromes mit dem Staubfalle von Algier nordwärts beweist die afrikanische Herkunft des Staubes. (5. Beweis für den afrikanischen Ursprung des Staubes.)

19. Mit dem Scirocco, bezw. der obern südlichen Luftströmung drang eine an Intensität abnehmende Wärmewelle von Nordafrika bis nach Norddeutschland vor. Die Wirkung des Scirocco reichte also fast bis an die deutsche Ostseeküste.

20. Die Geschwindigkeit der obern südlichen Luftströmung ist auf den Alpengipfeln und auf der Schneekoppe zwischen 6 und 10 der Beaufortskala geschätzt worden. Aus der Fortbewegung von Regenschauern in Norddeutschland ergiebt sich eine mit jenen Windstärken übereinstimmende Geschwindigkeit von 70 *km* in der Stunde oder rund 20 *m* pro Sekunde.

21. Durch die Kombination mehrerer genauer Zeitangaben über den ersten Eintritt des Staubfalles oder der ersten Trübung der Atmosphäre ergiebt sich, dass der Staub von Sicilien nach Norddeutschland sich ebenfalls mit einer Geschwindigkeit von mindestens 70 *km* verbreitet hat. Die Geschwindigkeit der obern Südströmung und der Staubverfrachtung sind demnach dieselben. (6. Beweis für den afrikanischen Ursprung des Staubes.)

22. Unabhängig von dieser Staubverbreitung in rein meridionaler Richtung nach dem mittlern Norddeutschland trat weiter östlich zu einer spätern Stunde eine Staubwolke auf, die in der Nacht vom 10. auf den 11. März die dalmatinische Küste bei Curzola berührte, über Bosnien und Ungarn mit einer Geschwindigkeit von 70—80 *km* (20—22 *m* pro Sekunde) offenbar von einem östlichern Zweige der allgemeinen Südströmung fortgetragen wurde. Auch der späte Staubfall in West- und Ostpreussen darf als eine Fortsetzung des ungarischen angesehen werden.

23. Die Verbreitung des Staubfalles ist südlich der Alpen auf die östliche Seite der Depressionsbahn beschränkt geblieben, nördlich davon erstreckt sich aber das Gebiet mit Staubfall je nördlicher desto weiter westlich von jener Bahn. Diese Erscheinung lässt sich durch eine von Süden nach Norden zunehmende Verlangsamung der Depressionsbewegung

Ed. Hch. Mayer, Verlag
Leipzig

Pyramidenförmige Nebelkuppe.
Aufgenommen vom Mount Tamalpais in Californien.



in der Weise erklären, dass der stauberfüllte südliche Luftstrom, vermöge seiner grössern Geschwindigkeit vorauseilend, von der Ostseite der Depression allmählich in den nördlichen und westlichen Quadranten der letztern übergreifen konnte.

24. Im übrigen wurde das Phänomen in Deutschland nur dort wahrgenommen, wo es zur Zeit der Stauberfüllung zu atmosphärischen Niederschlägen kam.

Zwischen dem Nordfusse der Alpen und Mitteldeutschland, sowie nördlich der Sudeten in Schlesien erfolgte kein Staubfall, weil hier im Lee des Gebirges am Vormittage des 11. März keine Niederschläge fielen. Im mittlern und östlichen Deutschland ist Staub bei schwachen Regenschauern gefallen, die am Vormittage, bezw. Nachmittage des 11. März mit der obern stauberfüllten Luftströmung aus Süden zogen. Im Rheinstromgebiete sind trotz reichlicher Niederschläge nur sporadische Staubvorkommnisse zu verzeichnen, weil dies Gebiet von der Hauptmasse des stauberfüllten Luftstromes unberührt blieb. Letzterer war gegen das nordwestliche Deutschland (Hannover, Holstein) gerichtet, wo mit reichlichen Schneefällen auch grosse Staubmassen zu Boden kamen.

25. Die mehrfache Unterbrechung des Staubfalles weist darauf hin, dass der obere Luftstrom nicht gleichmässig mit Staub erfüllt war.

26. Der Staubfall vom 19.—21. März war von viel geringerer Ausdehnung und Intensität als der vom 9.—12. März. Auch bei ihm ist der afrikanische Ursprung erwiesen.

F) Meteorologische Ergebnisse. 27. Weder beim ersten, noch beim zweiten Staubfalle war die Luftdruckverteilung im Meeresniveau massgebend für die Verteilung der Niederschlagsmengen. Das von den betreffenden Depressionen am 11. und 21. März durchzogene Gebiet blieb in beiden Fällen fast niederschlagslos.

Für die Niederschlagsverteilung war vielmehr die Luftdruckverteilung in einem obern Niveau massgebend, denn das Gebiet grössten Niederschlages lag nordwestlich von dem untern Luftdruckminimum, d. h. nach der Richtung hin, nach welcher die Achse der Depression geneigt war.

28. Das Niederschlagsgebiet an der Nordwestseite der Depression war in beiden Fällen streifenförmig lang gestreckt und scharf nach Nordwesten hin gegen ein vollkommen niederschlagsloses Gebiet abgegrenzt. Der Niederschlagsgradient betrug hier stellenweise nahezu 2 *mm* auf 1 *km*.

29. Die südliche Herkunft der Luftmassen, aus denen die Niederschläge am 11. und 21. März in Norddeutschland herabfielen, ist durch die Staubbeimengung erwiesen.

30. Die scharfe Nordwestgrenze des Niederschlags- und Staubfallgebietes beweist den heterogenen Ursprung der Luftmassen zu beiden Seiten dieser Grenze. Die Luftdruckverteilung im obern und untern Niveau lässt keinen Zweifel darüber, dass die Luftmassen nordwestlich der genannten Grenze aus einem Hochdruckgebiete im Nordwesten stammten und daher trocken waren.

31. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich auch beim zweiten Staubfalle, nur mit dem Unterschiede, dass das Hochdruckgebiet im Norden lag, und die dadurch verursachten kalten, trockenen Nordostwinde in Norddeutschland stürmisch waren.

32. Die ungewöhnlich grosse und scharf begrenzte Anhäufung von Schnee- und Staubmassen am 11. März im nordwestlichen Deutschland legt die Vermutung nahe, dass hier die südliche obere Luftströmung, die am Vormittage des 11. März Mitteldeutschland überwehte, ohne an Staub- und Wasserdampfgehalt nennenswerte Mengen zu verlieren, eine Hemmung ihrer horizontalen Bewegung zu Gunsten einer vertikalen erfahren hat, wodurch die Kondensation des Wasserdampfes und damit zugleich reichlicher Staubfall veranlasst wurde.

33. Die Ursache dieser Bewegungsänderung bestand entweder in einem Aufstaue jenes Luftstromes an dem heterogenen, aus dem nordwestlichen Hochdruckgebiete kommenden oder in einem Hinaufschieben der wasserdampfreichern Luftmassen des Südstromes auf die trockenen kältern, aus Norden stammenden. Letztere Anschauung wird durch die Beobachtung eines Eiskörnerfalles im nordwestlichen Deutschland besonders begünstigt. Beim zweiten Staubfalle ist eine ähnliche Argumentation möglich.

Überhaupt dürften ähnliche Vorgänge häufig als die Ursache reichlicher Niederschlagsbildung in Mitteleuropa, namentlich in der kalten Jahreshälfte, anzunehmen sein.

34. Die vorliegende Untersuchung lässt es wünschenswert erscheinen, in Zukunft alle Staubfälle in meteorologischer Hinsicht genauer zu erforschen, da sie ein vorzügliches Mittel darbieten, den Weg der obern Luftströmungen zu verfolgen.

Winde und Stürme.

Über die Beziehung zwischen Temperatur und Luftbewegung in der Atmosphäre unter stationären Verhältnissen hat J. W. Sandström eine bemerkenswerte mathematische Untersuchung veröffentlicht, wobei er von einer von Prof. V. Bjerknes gegebenen hydrodynamischen Formel ausgeht.[1]) Wegen des mathematischen Teiles muss auf das Original verwiesen werden, dagegen seien hier die hauptsächlichsten Sätze mitgeteilt, zu denen Verf. gelangt:

I. Wenn sich die Wolken schneller als der Wind an der Erdoberfläche bewegen, und man sich in die Richtung der Wolkenbewegung stellt, so hat man die höhere Temperatur rechts und die niedrigere links.

II. Wenn sich die Wolken langsamer als der Wind an der Erdoberfläche bewegen, und man sich gegen die Richtung des Windes stellt, so hat man ebenfalls die höhere Temperatur rechts und die niedrigere links.

Bewegen sich die Wolken in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit wie der Wind an der Erdoberfläche, so treten keine Temperaturdifferenzen ein.

Wir haben in unsern Breiten eine starke westliche Trift in den höhern Luftschichten. Wenn wir uns in die Richtung dieser Trift stellen, d. h. ostwärts blicken, so haben wir den Äquator rechts und den Pol links, d. h. eine höhere Temperatur rechts und eine niedrigere links. Dies stimmt mit dem ersten der eben angeführten Gesetze.

Als Beispiel für die Anwendung dieses Gesetzes betrachten wir eine Cyklone, in der die Wolken sich schneller als der Wind bewegen. Wenn man sich nun irgendwo im cyklonischen Gebiete

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 161.

in die Bewegungsrichtung der Wolken stellt, so hat man immer das Zentrum der Cyklone links und den Aussenrand der Cyklone rechts, also nach der Regel I) eine niedrigere Temperatur im Zentrum als am Aussenrande der Cyklone.

Schliesslich betrachten wir eine Anticyklone, in der die Wolken sich schneller als der Wind bewegen. Stellt man sich nun irgendwo im anticyklonischen Gebiete in die Bewegungsrichtung der Wolken, so hat man immer das Zentrum der Anticyklone rechts, d. h. es ist nach der Regel I) wärmer im Zentrum der Anticyklone als an der Peripherie derselben.

III. Wenn die Wolken sich schneller als der Wind an der Erdoberfläche bewegen, so haben die Cyklonen kalte Zentra und die Anticyklonen warme Zentra; bewegen sich dagegen die Wolken langsamer als der Wind, so haben die Cyklonen warme Zentra und die Anticyklonen kalte Zentra.

IV. Bewegen sich die Wolken schneller als der Wind an der Erdoberfläche, so findet in den Cyklonen ein dynamisches Emporsaugen, in den Anticyklonen ein dynamisches Herunterpressen der Luft statt; bewegen sich dagegen die Wolken langsamer als der Wind, so findet in den Cyklonen ein dynamisches Herunterpressen und in den Anticyklonen ein dynamisches Emporsaugen der Luft statt.

Über die Entstehung und Entwickelung der Cyklonen bemerkt Sandström folgendes: »Die Cyklonen, welche über Mitteleuropa ziehen, kommen grösstenteils von dem Atlantischen Ozeane, wo sie sich ausgebildet zu haben scheinen. Ihr Anfang beruht aller Wahrscheinlichkeit nach auf der Anhäufung warmer, feuchter Luftmassen über dem Golfstrome. Diese Luftmassen fangen an, in die Höhe zu steigen, und es strömt dabei längs der Meeresoberfläche warme, feuchte Luft von allen Seiten herzu, um die aufsteigende Luft zu ersetzen, wobei die cyklonische Drehung um das Zentrum in bekannter Weise entsteht. Die Cyklone hat noch keine grosse Höhe in der Atmosphäre erreicht, und die stärkste cyklonische Drehung um das Zentrum befindet sich in der Nähe der Meeresoberfläche. Wir haben somit, infolge des Gesetzes (III), eine Cyklone mit warmem Zentrum. Nach dem Carnotschen Prinzipe wird in diesem Anfangszustande immer Wärme in Bewegungsenergie umgesetzt.

Je mehr Bewegungsenergie der Wirbel bekommt, desto unabhängiger wird er vom Golfstromgebiete, und bald macht er sich los, um in bekannter Weise ostwärts zu wandern. Wegen der Reibung gegen die Meeresoberfläche und später gegen die Erdoberfläche wird die unterste Luftschicht retardiert, und die Luftschicht, wo die kräftigste cyklonische Drehung stattfindet, steigt in die Höhe. Nach der Regel III ist nun das Cyklonenzentrum unterhalb dieser Schicht kalt und oberhalb derselben warm. Die Reibung bewirkt also, dass eine Cyklone mit kaltem Zentrum entsteht. Diese 2 Cyklonen werden durch die Schicht der stärksten Drehung voneinander getrennt.

Bei den wissenschaftlichen Ballonfahrten in Berlin hat man bis in die erreichten Höhen eine immer mit der Höhe zunehmende Luftgeschwindigkeit gefunden. Die Schicht der stärksten cyklonischen Drehung scheint also noch nicht erreicht worden zu sein. Bei diesen Ballonfahrten hat man sich also immer in der untern Cyklone mit kaltem Zentrum befunden. Es ist indes klar, dass die cyklonische Drehung nicht bis an die Grenze der Atmosphäre zunehmen kann, sondern einmal mit der Höhe

abnehmen muss. Daselbst wird man dann notwendig eine Cyklone mit warmem Zentrum finden.

Die amerikanischen Cyklonen befinden sich offenbar in einem viel frühern Entwickelungszustande als die europäischen. In den Cyklonen, welche auf der Drachenstation Blue Hill untersucht worden sind, ist die cyklonische Drehung meistens in 3000—4000 *m* Höhe verschwunden.[1]) Die kräftigste cyklonische Drehung muss sich demnach nicht weit oberhalb der Erdoberfläche befinden. Man hat auch in Amerika in der Regel Cyklonen mit warmem Zentrum. Das wärmste Gebiet befindet sich aber nicht in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche, sondern in etwa 1000 *m* Höhe über derselben. Es hat mithin schon eine Abkühlung in den untersten Schichten begonnen, welche wahrscheinlich der Bildung des kalten Kernes daselbst vorausläuft.

Es wird aus dem hier Angeführten klar, wie wichtig es ist, die Cyklonen in allen Phasen ihrer Entwickelung zu studieren. Von besonderem Interesse dürfte es dabei sein, die Höhe der Schicht der stärksten cyklonischen Drehung, sowie die Temperaturverteilung relativ zu dieser Schicht zu beobachten.

Um zuletzt die Frage von den Energieumsetzungen in den Cyklonen zu berühren, so sei bemerkt, dass die Luft, wie man leicht findet, im Anfangsstadium der Cyklone einen direkten, im Endstadium desselben einen umgekehrten Carnotschen Kreisprozess durchläuft. Während der 1. Periode wird Wärme in Bewegungsenergie umgesetzt, während der 2. erhält sich die Cyklone aus diesem Vorrate von Bewegungsenergie, bis alles wieder in Wärme verwandelt worden ist.

Man kann sich auch die erste Entstehung der Cyklonen in anderer Weise denken als durch Erwärmung an der Oberfläche der Erde. Es finde sich z. B. in der Höhe ein kräftiger Luftstrom und auf der linken Seite desselben ein anderer, welcher sich in entgegengesetzter Richtung bewegt. Nach der Regel IV wird dann im Gebiete zwischen den 2 Strömen die darunterliegende Luft emporgesaugt und die darüberliegende herabgesaugt, und wenn sich dieses an einer Stelle stärker lokalisiert, so sind die Bedingungen für das Zustandekommen einer regulären Cyklone gegeben. Auch eine solche Cyklone hat ein kaltes Zentrum unterhalb und ein warmes oberhalb der Schicht der kräftigsten cyklonischen Drehung. In einer solchen Cyklone läuft die Luft immer in umgekehrtem Carnotschen Kreisprozesse, d. h. es wird immer Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt. Wenn also die Luftströme, welche die Cyklone erzeugt hat, nicht fortwähren, so wird die Intensität der Cyklone nach und nach abnehmen. Die Schwächung kann indessen durch die bei der Kondensation des Wasserdampfes freigewordene Wärme beträchtlich verzögert werden.

Wenn dagegen auf der rechten Seite eines Luftstromes in der Höhe ein anderer in entgegengesetzter Richtung zieht, so wird nach der Regel IV in der Schicht zwischen den 2 Strömen die darunterliegende Luft heruntergepresst und die darüberliegende in die Höhe getrieben, und wo sich dieses am stärksten lokalisiert, bildet sich eine Anticyklone. Diese hat nach der Regel III ein warmes Zentrum unterhalb und ein kaltes Zentrum oberhalb der Schicht der stärksten anticyklonischen Drehung. Die Luft durchläuft in einer solchen Anticyklone immer einen umgekehrten Carnotschen Kreisprozess, d. h. es wird immer Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt. Die Sommeranticyklonen in unsern Breiten dürften in dieser Weise entstehen.

Prof. V. Bjerknes bemerkt in Anknüpfung an die Sandströmsche Abhandlung, dass, nachdem hier gezeigt ist, wie man mit Hilfe der Zirkulationstheorie die Mechanik der Cyklone mit kaltem und die Anticyklone

[1]) H. Helm Clayton: »Studien cyklonaler und anticyklonaler Erscheinungen mittels Drachen.« Illustr. Aëron. Mittl. 1900. No. 8.

mit warmem Zentrum erklären kann, es auch keine Schwierigkeit hat, die Erklärung in elementare Form zu kleiden, natürlich unter der Voraussetzung, dass man sie nur in qualitativer und nicht in quantitativer Form sucht. »Sandströms Entwickelungen zeigen, dass die Erscheinung in beiden Fällen auf den schon vorhandenen horizontalen Bewegungen beruht, und zwar auf Unterschieden in der Intensität der horizontalen Bewegungen unten an der Erde und in den höhern Luftschichten. Durch diese Bemerkung wird man leicht auf die folgende Überlegung geführt.

Ein materieller Punkt, welcher sich in horizontaler Richtung bewegt, wird von der ablenkenden Kraft der Erdrotation nach rechts getrieben. Die Bahn des Punktes sei nun kreisförmig; durchläuft der Punkt diese Bahn in cyklonischer Richtung, so wird die Ablenkung nach rechts den Radius des Kreises zu vergrössern suchen. Die ablenkende Kraft tritt als eine »zentrifugale« Kraft auf. Wenn dagegen der Punkt die kreisförmige Bahn in anticyklonischer Richtung durchläuft, so wird die nach rechts gerichtete Ablenkung den Radius des Kreises zu verkleinern suchen. Die ablenkende Kraft tritt als eine »zentripetale« Kraft auf.

In einer cyklonisch rotierenden Luftmasse wird die zentrifugale Kraft unten an der Erde dem Zuströmen zum Cyklonenzentrum entgegenwirken, in der Höhe dagegen das Abströmen von diesem Zentrum befördern. Ist nun die Bewegung unten an der Erde intensiver als in der Höhe, so wird die zentrifugale Kraft unten dem Zuströmen stärker entgegenwirken, als sie in der Höhe das Abströmen befördern kann; unter solchen Umständen kann ein Aufsteigen im Zentrum nur zustandekommen unter der Bedingung, dass die dort befindliche Luft hinlänglichen Auftrieb hat, um den dynamischen Widerstand zu überwinden, d. h. die Luft im Cyklonenzentrum muss wärmer als in den Umgebungen sein. Wenn dagegen die Rotation in der Höhe stärker ist als unten an der Erde, so wird die zentrifugale Kraft das Abströmen in der Höhe stärker befördern, als sie dem Zuströmen unten an der Erde entgegenwirken kann. Die Luftmassen im Cyklonenzentrum werden dann in die Höhe getrieben, selbst wenn sie schwerer als die umgebenden sind; und wenn sie nicht schon von Anfang an schwerer sind, so müssen sie es zuletzt infolge der adiabatischen Abkühlung werden, denn wenn man nicht ganz unmögliche Werte des Reibungswiderstandes annehmen will, so folgt, dass sich der stationäre Zustand erst einstellen kann, nachdem die Cyklone ein kaltes Zentrum erhalten hat.

Wenn die Luftmassen anticyklonisch rotieren, so hat man die genau entsprechende Überlegung mit der zentripetalen Kraft anzustellen. Ist die anticyklonische Rotation der untern Schichten die stärkere, so wird die centripetale Kraft unten an der Erde dem Abströmen der Luft stärker entgegenwirken, als sie in der Höhe das Zuströmen befördern kann. Wenn jedoch die Luftmassen im Zentrum heruntersinken, so kann es nur darauf beruhen, dass sie hinlänglich schwer sind, um den dynamischen Widerstand zu überwinden. Die Anticyklone hat dann ein kaltes Zentrum. Wenn dagegen die höhern Luftschichten stärker rotieren, so kehrt sich das Verhältnis um. Die zentripetale Kraft befördert das Zuströmen der Luft in der Höhe stärker, als sie unten dem Abströmen entgegenarbeiten kann, und zwar kann wieder der stationäre Bewegungszustand erst eintreten, nachdem die abwärtsgetriebene Luft durch adiabatische Kompression hinlänglich erwärmt worden ist, um höhere Temperatur als die Umgebungen zu haben. Die Anticyklone muss also schliesslich ein warmes Zentrum erhalten.

Man kann natürlich auch die Erklärung des kalten Zentrums der Cyklonen und des warmen der Anticyklonen auf die absolute, anstatt auf die relative Bewegung der Luftmassen beziehen. Man löst dann die Rotation der Erde in 2 Komponenten auf, eine längs und eine senkrecht zu der Cyklonen- oder Anticyklonenaxe, und der wichtigste Punkt ist, dass in der absoluten Bewegung alle Rotationen um die Cyklonen- oder Anticyklonen-

axe in derselben Richtung stattfinden. Der Unterschied zwischen der Cyklone und der Anticyklone ist nur, dass die Rotation der Cyklone schneller, die der Anticyklone langsamer als die der Erde ist. Hieraus folgt auch, dass die absolute Rotation in den Anticyklonen dort am stärksten ist, wo sie, von der rotierenden Erde aus gesehen, am langsamsten erscheint. Hält man dieses fest, so findet man die oben entwickelten Resultate als einfache Wirkungen der Zentrifugalkraft wieder. Es hat auch Interesse, hervorzuheben, dass, wenn man der Erklärung der Cyklonen mit kaltem und der Anticyklonen mit warmem Zentrum diese Form giebt, man der Hauptsache nach auf die Erklärung zurückkommt, welche James Thomson schon im Jahre 1857 von den über den Polargebieten lagernden Cyklonen mit kaltem Zentrum gab.

Die tägliche Bewegung der Luft über Hamburg ist von Prof. Dr. J. Schneider untersucht worden auf Grund der anemometrischen Aufzeichnungen auf der Deutschen Seewarte.[1]) Infolge des Einflusses der Sonne suchen die verschiedenen Schichten der Erdatmosphäre täglich ihr Volum zu ändern. Diejenigen Luftteile, die von den Sonnenstrahlen getroffen werden, streben, solange ihre Erwärmung zunimmt, und solange ihr Wasserdampfgehalt wächst, nach den verschiedensten Richtungen hin sich auszudehnen. Diejenigen Teile dagegen, welche dem Sonneneinflusse entzogen sind, verkleinern wegen der eintretenden Abkühlung und Wasserdampfkondensation wieder ihren Rauminhalt. Im Zusammenhange damit sind an einem gegebenen Erdorte, ganz unabhängig von der jeweiligen Luftdruckverteilung, tägliche Verschiebungen der Luftmassen von W nach E, sowie von S nach N und in den umgekehrten Richtungen zu erwarten. Diese regelmässigen, horizontalen Bewegungen der Luftteilchen in dem Chaos der veränderlichen Winde nachzuweisen und ihrer Grösse nach zu ermitteln, ist der Zweck der bezeichneten Arbeit.

Die Gesamtzahl der Registrierungen beträgt 85000, und bei der Bearbeitung kam zunächst der Satz vom Parallelogramm der Geschwindigkeiten zur Anwendung. Mit seiner Hilfe liess sich jede für eine Nebenhimmelsrichtung verzeichnete Windgeschwindigkeit in zwei neue Geschwindigkeiten zerlegen, bezogen auf 2 der 4 Haupthimmelsrichtungen. Es waren zu diesem Zwecke die vorkommenden Geschwindigkeiten, je nach der zugehörigen Windrichtung mit dem Sinus der Winkel von $22^1/_2$, 45 oder $67^1/_2{}^0$ zu multiplizieren. Dies geschah mit allen für den Zeitraum von 10 Jahren angegebenen stündlichen Werten. Die so erhaltenen Geschwindigkeiten wurden dann in vier verschiedenen Rubriken für W-, E-, S- und N-Wind gesammelt, für jeden Monat einzeln addiert und aus diesen Summen durch Division mit der Zahl der Beobachtungstage das Mittel genommen. Aus den Monatsmitteln sind dann die Jahresmittel für jede Tagesstunde gewonnen worden.

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 393.

Die in 4 Rubriken verteilten Jahresmittel der stündlichen Windgeschwindigkeiten liessen noch eine weitere Kürzung zu. Wurde nämlich, weil die vorherrschende Windrichtung WSW ist, die Richtung des W-Windes und die des S-Windes als positiv angenommen, so war den E- und N-Windgeschwindigkeiten das negative Vorzeichen zuzuschreiben. Alsdann aber konnten je zwei entgegengesetzt gerichtete Geschwindigkeiten, algebraisch summiert, wieder zu einer einzigen vereinigt werden. In dieser Weise haben sich für die Grösse der W- und S-Windkomponenten in den einzelnen Tagesstunden der verschiedenen Jahre Durchschnittswerte ergeben, die Aufnahme fanden in 2 Tabellen.

Die Folgerungen, die aus ihnen gezogen wurden, sind:

1. Der W-Wind erreicht etwa 1 Stunde nach, der S-Wind 1 Stunde vor Mittag seinen grössten Wert. Das Minimum der Geschwindigkeit tritt für den W-Wind ungefähr um 8^p, das für den Südwind um 6^p ein.

2. Die mittlern täglichen Geschwindigkeiten können bei W-Wind auf das Doppelte (1.16 *m* in 1889 und 2.34 *m* in 1893), bei S-Wind sogar auf das Zehnfache (0.14 *m* in 1887 und 1.36 *m* in 1894) steigen.

3. Die Differenzen zwischen den eben angegebenen grössten und kleinsten täglichen Mittelwerten der Windgeschwindigkeiten sind dagegen nahezu gleich, nämlich für den W-Wind 1.18 *m*, für den S-Wind 1.22 *m*. Dem absoluten Betrage nach ist also die eine Komponente ebenso veränderungsfähig wie die andere.

Ausserdem zeigten die Tabellen für alle Jahre eine deutliche tägliche Änderung der Windgeschwindigkeiten. Um diese noch besser hervortreten zu lassen, sind aus ihnen Tabellen hergeleitet worden, in denen die Abweichungen der stündlichen Geschwindigkeitskomponenten von den täglichen Mittelwerten der einzelnen Jahre verzeichnet sind. Diese geben gewissermassen die stündlichen Geschwindigkeiten wieder, welche vorhanden gewesen wären, wenn jede der mittlern täglichen Geschwindigkeitskomponenten den Wert Null gehabt, wenn also tagsüber im allgemeinen Windstille geherrscht hätte.

Uns belehren noch nachstehende Punkte:

1. Die mittlern täglichen Änderungen der Windgeschwindigkeiten zeigen sich in den verschiedenen Jahren mit der gleichen Deutlichkeit. Sowohl bei der Geschwindigkeit des W-Windes wie auch bei der des S-Windes tritt im Laufe des Tages ein zweimaliger Vorzeichenwechsel ein. Die Luftteilchen führen also in der Richtung WE und SN vollständige Schwingungen aus.

2. Diese Schwingungen erfolgen ungleichmässig, das heisst das Schwingen von einer äussersten Lage zur andern und wieder zurück geht in ungleichen Zeiten vor sich. Während ein Luftteilchen etwa

10 Stunden lang nach E oder S schwingt, erfolgt die Bewegung in den entgegengesetzten Richtungen im Verlaufe von 14 Stunden.

3. Die Mittelwerte der gesamten täglichen Änderungen beider Windgeschwindigkeiten sind nahezu gleich; sie betragen in der Richtung WE 1.20 *m*, in der Richtung SN 1.26 *m*.

4. Die grössten Unterschiede in der täglichen Gesamtänderung zeigen bei W-Wind die Jahre 1889 und 1895 mit 0.53 *m*, bei S-Wind die Jahre 1891 und 1892 mit 0.56 *m* Differenz.

5. Die weitesten Verschiebungen der Luftteilchen nach den 4 Haupthimmelsrichtungen treten in denjenigen Stunden ein, in welchen sich die Geschwindigkeitsvorzeichen umkehren. Demnach erreichen die Luftteilchen ihren westlichsten Ort um 7^a, den östlichsten um 5^p, den südlichsten um Mitternacht und den nördlichsten um 2^p.

Eine bestimmte Vorstellung von der Gestalt der ganzen Schwingungsbahn eines Luftteilchens ist in folgender Weise zu gewinnen. Durch Multiplikation mit der Sekundenzahl einer Stunde lassen sich aus den Geschwindigkeiten, welche in den Tabellen vermerkt sind, leicht die Verschiebungen ermitteln, die ein Luftteilchen während einer jeden Tagesstunde nach E oder N hin erfährt. Wie weit sich dabei ein Teilchen von seinem westlichsten, bezw. südlichsten Standorte zu einer beliebigen Stunde entfernt hat, ergiebt sich durch Addition der stündlichen Verschiebungen. Trägt man die hieraus gewonnenen Abstände in ein Koordinatensystem ein, so erhält man ein Bild von der Lage der einzelnen Punkte, welche ein Luftteilchen im Laufe eines Tages durcheilt, und damit auch von dem Wege, welchen es während einer vollständigen Schwingung zurücklegt.

Hiernach strebt ein Luftteilchen über Hamburg unter dem Einflusse der Sonne bei windstiller Witterung täglich eine in sich geschlossene Bahn zu beschreiben.

Diese ist von ziemlich einfacher Form. Sie zeigt ungefähr die Gestalt der Axenschnittfigur eines Eies. Die Spitze dieser eiförmigen Kurve ist nach NE, das stumpfe Ende nach SW gewandt. Der ganze Weg, den ein Luftteilchen täglich zurückzulegen bestrebt ist, beträgt durchschnittlich 45 *km*. Beim Durchlaufen dieser Bahn wird ein Gebiet von etwa 154 *qkm* Flächeninhalt umkreist. Die Richtungen des grossen oder des kleinen Durchmessers der Bahnlinie stimmen mit der mittlern Windrichtung von Hamburg nicht überein. Während diese nach 10jährigen Beobachtungen nahezu mit der Richtung WSW zusammenfällt (ihr Winkel mit der WE-Richtung beträgt $21^1/_2{}^0$), liegt der grosse Durchmesser der Luftbahn fast genau in der Richtung von SW nach NE und hat eine Länge von 16 *km*; der kleine Durchmesser, senkrecht dazu, misst 12 *km*. Aus den Abständen der einzelnen Örter ersieht man, dass die Bahn mit ungleicher Geschwindigkeit durchlaufen wird.

Die grössten Geschwindigkeiten der Luftteilchen sind bei sonst windstillem Wetter um 12^p und 7^p, die kleinsten um 4^a und 3^p

vorhanden. Das Geschwindigkeitsminimum am Tage ist weniger deutlich ausgeprägt wie das in der Nacht. Namentlich frühmorgens sind die Geschwindigkeitsänderungen gering.

Die Richtung der Bewegung ändert sich (abgesehen von einem einzigen Werte um 4^a) im Laufe eines Tages stets in demselben Sinne, und zwar gemäss der Winddrehungsregel von Dove. Die Grösse der Richtungsänderung ist allerdings während eines Tages ziemlich ungleich. Am geringsten ist sie nach Mitternacht. Die durchschnittliche Drehung während einer Stunde beträgt von 12^h—6^a etwa 10^0, von 12^h—6^p dagegen $22^1/_2{}^0$. Von 6^a—12^h und von 6^p bis zur Mitternacht sind die stündlichen Drehungen im Mittel ungefähr dieselben, nämlich gleich 14^0. Es darf wohl angenommen werden, dass auch an andern Orten solche regelmässige Bewegungen der Luftteilchen, wie sie hier für Hamburg nachgewiesen wurden, sich täglich vollziehen.

Die Geschwindigkeit und Richtung des Windes auf Grund der Beobachtungen bei den Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten ist von A. Berson dargestellt worden,[1] und Hergesell giebt davon folgende kurze Darstellung.[2] Folgende Fragen wurden bei der Geschwindigkeit erörtert:

1. Die vertikale Änderung der Windgeschwindigkeit im allgemeinen Durchschnitte.

2. Betrachtung nach den Hauptwetterlagen (Cyklone und Anticyklone).

3. Eine Einleitung auf Grund der vorherrschenden untern Richtungen nach den 2 Hauptwindsystemen: westliche und östliche Winde.

Die mittlere vertikale Änderung giebt die folgende kleine Tabelle wieder, die sich im wesentlichen auf 1000 *m*-Zonen beschränkt:

Mittlere Höhe	Erde	500	1500	2500	3500	4500	5500 *m* und höher.
Geschwindigkeit	1	1.75	1.95	2.15	2.5	3.1	4.5

Dieselbe möge noch durch folgende Bemerkungen ergänzt werden:

1. Die Windgeschwindigkeit nimmt alsbald nach dem Verlassen der Erde in den untersten 500 *m* erheblich zu.

2. Das weitere Wachstum scheint besonders zwischen 500 und 1500 ein sehr geringes zu sein; doch ist auch darüber hinaus bis mindestens 3000 *m* die Zunahme sehr gering. Demgemäss ist das Wachstum der Windgeschwindigkeit nicht bloss innerhalb der ganzen Zone, in welcher die früher beschriebenen Störungsschichten liegen, also der Zone der hauptsächlichen Kondensation überraschend langsam.

3. Von 3000—4000 *m* an beginnt eine sehr schnelle Zunahme, indem der Gradient ungefähr den dreifachen Wert verglichen mit dem der darunter liegenden Schichten erhält.

---

[1]) Wissenschaftliche Luftfahrten etc.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 452.

»Die fortschreitende Abnahme der Reibung und Dichte der bewegten Massen, welche vor allem die Ursache bildet für das sprunghafte Anwachsen unter 500 *m* und über 3500 *m*, wird demnach in der etwa 3000 *m* mächtigen Zwischenschicht durch Diskontinuitäten, die in Kondensationserscheinungen und deren Begrenzung ihren Hauptgrund haben, zum grossen Teile paralysiert.«

Von besonderem Interesse ist das Studium der vertikalen Geschwindigkeitsverteilung bei einer Gruppierung der Winde in Ost- und Westströme. Hier erscheint ein gegensätzlicher Gang in der schärfsten Form ausgeprägt. Bei den westlichen Richtungen findet ein stetiges Wachstum mit steigender Höhe statt; während bei den Ostrichtungen nur in den untern Schichten ein erhebliches Anschwellen, von da an ein Stillstand, ja überwiegend ein Abflauen zu konstatieren ist. Dieser Gegensatz ist ungezwungen durch die allgemeine Zirkulation zu erklären, bei der in unsern Breiten in den höhern Regionen die W-Winde die vorwiegenden sind.

Bei der Erörterung der vertikalen Änderung der Windrichtung giebt Berson zunächst die Gründe, warum bei der Bearbeitung die Windrichtungen sämtlicher Höhen auf die Isobaren des untern Niveaus bezogen sind, und warum nicht ein etwa bestehender Zusammenhang mit der obern Druckverteilung aufgesucht wurde. Hergesell glaubt, dass eine noch schärfere Gesetzmässigkeit zu Tage getreten wäre, wenn die Druckverteilung in den höhern Niveaus ins Auge gefasst worden wäre. Anderseits will er aber die Schwierigkeit gerade dieser letzten Behandlungsart durchaus nicht verkennen, und immerhin sind die Resultate, die Berson durch seine Behandlungsweise findet, äusserst bemerkenswert.

Hergesell geht sogleich auf die Unterschiede ein, die sich für die Winddrehung mit der Höhe bei der Betrachtung des anticyklonalen und cyklonalen Regimes gezeigt haben. Bei der ersterwähnten Druckverteilung (der Anticyklone) herrscht anhaltende starke Drehung des Windes nach rechts, die nur in mittelhohen Schichten vorübergehend aufzuhören scheint. Auf diese Weise erreichen die Strombahnen die untere Isobarenrichtung schon in verhältnismässig geringer Höhe, und schon über diesem Niveau schlagen dieselben eine Richtung ein, die den zum Maximum zurückkehrenden Strom bildet.

Die Drehung erfolgt in der Anticyklone im allgemeinen nicht stetig mit wachsender Höhe, sondern ruckweise, und scheint an bestimmte Störungszonen, die sie hervorrufen, gebunden zu sein.

Dieses Resultat stimmt durchaus mit der Lage der besondern Zonen, der Temperatur- und Feuchtigkeitsverteilung überein.

Bei den Cyklonen ergab sich ebenfalls im allgemeinen eine Drehung nach rechts, jedoch von beträchtlich geringerem Ausmasse. Diese Drehung nahm mit der Höhe nur wenig zu und erreicht höchstens die Richtung der untern Isobaren, während der aus dem Minimum ausströmende, zur Anticyklone hinführende Strom nie er-

reicht wurde. Im Gegensatze zur Anticyklone kam eine sprungweise Änderung der Windrichtung im cyklonischen Regime fast nie vor.

Über die tägliche Drehung der mittlern Windrichtung und über eine Oscillation der Luftmassen von halbtägiger Periode auf Berggipfeln von 2—4 *km* Seehöhe hat J. Hann Untersuchungen angestellt.[1])

Er ermittelt aus den anemometrischen Aufzeichnungen die stündlichen Werte der Windkraft nach den vier rechtwinkligen Richtungen N, E, S und W für den Sonnblick, Säntis und Pikes Peak und berechnet deren täglichen Gang mit Hilfe von trigonometrischen Reihen. Die Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel, die auf diese Weise erhalten werden, stellen die von der vorherrschenden Windrichtung befreite, nur vom Sonnenstande abhängige tägliche Variation der Windkraft nach Richtung und Stärke vor. Die Berechnung der Resultierenden aus diesen Daten ergiebt die nur von dem Gange der Sonne abhängige tägliche Drehung des Windes auf den Berggipfeln.

Der Wind dreht sich hiernach im Laufe des Tages regelmässig mit der Sonne; er ist vormittags östlich, mittags südlich, nachmittags westlich und nordwestlich, nachts nördlich. Er weht stets beiläufig von dem Orte her, wo die Sonne steht (bleibt aber etwas zurück). Die Tendenz zu Ostwinden am Vormittage erklärt das häufigere Zurückgehen des Windes am Vormittage in den Gebieten der vorherrschenden Westwinde, während dagegen nachmittags die direkten Drehungen überwiegen müssen (Regel von Sprung). Das bemerkenswerteste Ergebnis ist dabei, dass in fünf von den 6 Reihen die stündlichen Azimute des Windes (Sonnblick 1887—1889 und 1891, Säntis 1883—1885 und 1887—1889, Obir 1887—1889) so genau übereinstimmen, dass sie fast als Konstante betrachtet werden dürfen. Nur Pikes Peak hat eine Phasendifferenz von 4 Stunden, der Gang ist aber derselbe.

Die anemometrischen Aufzeichnungen auf dem Eiffelturme (302 *m*) ergeben, wie Angot schon früher gezeigt hat, gleichfalls eine Drehung der mittlern Windrichtung mit der Sonne. Es besteht aber gegenüber den Berggipfeln vormittags eine Phasendifferenz von 6 Stunden und darüber (es herrscht auf dem Eiffelturme schon NE und ENE, wenn auf den Berggipfeln noch WNW und NW weht), nachmittags ist der Unterschied gering.

Verfasser untersucht dann näher die täglichen Änderungen der Windkomponenten, welche durch harmonische Reihen dargestellt werden. Das wichtigste Ergebnis ist, dass bei allen 4 Komponenten, namentlich aber bei der N- und S-Komponente, eine grosse halbtägige Periode vorhanden ist, welche der ganztägigen gleichkommt oder sie selbst an Grösse übertrifft. Die Winkelkonstanten der harmonischen Reihen stimmen für die einzelnen Beobachtungsperioden, sowie für die verschiedenen Stationen in auffallender Weise überein. Namentlich gilt dies von den zusammengesetzten Komponenten S—N und W—E. Die Mittelwerte aus diesen Konstanten können daher eine volle reale Bedeutung in Anspruch nehmen. Eine Tabelle zeigt speziell, dass die doppelten Maxima und Minima der obigen Komponenten in jeder der 6 Reihen von Werten fast genau auf die gleichen Tagesstunden fallen.

Die Konstanz der Phasenzeiten und die Grösse der halbtägigen Periode macht es wahrscheinlich, dass diese regelmässige tägliche Oscillation der Luftmassen in 2—4 *km* Seehöhe mit der regelmässigen täglichen Barometerschwankung in Beziehung stehe. Der Autor vergleicht deshalb seine Resultate mit den Forderungen der mathematischen Theorie der täglichen

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1902. p. 340.

Barometeroscillation auf thermischer Grundlage von M. Margules und findet eine sehr gute Übereinstimmung.

Verfasser untersucht auch die jahreszeitlichen Änderungen in dem täglichen Gange der Windkomponenten, indem er denselben im Winter und Sommer auf dem Säntisgipfel vergleicht. Die S—N-Komponente hat Winter und Sommer den gleichen Gang, die W—E-Komponente kehrt denselben (aber nur bei Tag) gradezu um: im Winter Maximum um 2^h nachmittags, im Sommer Minimum um Mittag; die nächtlichen Extreme bleiben dabei unverändert. Hierbei ist wieder bemerkenswert, dass die halbtägige Periode auch bei der Westkomponente Winter und Sommer recht nahe die gleiche ist (Phasenunterschied $1^1/_2$ Stunden Verspätung im Sommer).

Verfasser berechnet dann noch den täglichen Gang der mittlern Windstärke bei den verschiedenen Windrichtungen. Es stellt sich im allgemeinen heraus, dass die Regel, welche für den täglichen Gang der Windstärke an der Erdoberfläche gilt, und die dahin lautet, dass alle Richtungen nahe zur selben Zeit das Maximum ihrer Stärke erreichen, auch für die Berggipfel Geltung behält, auf welchen aber die Maxima bei Nacht eintreten (in der Niederung bald nach Mittag). Der Verfasser macht nebenbei auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam, dass auf dem Dodabetta Peak (2643 *m*) in Südindien zur Zeit der Herrschaft der Ostwinde, November bis Mai, das Maximum der Windstärke kurz vor Mittag eintritt, zur Zeit der Westwinde aber, Juni bis Oktober, gerade um diese Tageszeit das Minimum sich einstellt. Das Maximum fällt bei den Westwinden auf die Nachtstunden, wie bei uns.

Sturmtage an der deutschen Küste im Jahre 1901. In einer Arbeit über das Wetter in Deutschland giebt Dr. E. Herrmann[1]) folgende Übersicht der Sturmtage des Jahres 1901 an der deutschen Küste:

Monat	Nordsee	Westliche Ostsee (einschl. Rügen)	Östliche Ostsee
Januar .	*20. SW*, *25. SW*, 27. SW—NW	*20. SW*, 21. NW, 27. SW—NW, *28. NW*	*21. NW*, 22. SW, 23. NW, 27. SW
Februar .	—	*24. NW*	*9. SW*, 10. NW, 23. SW/NW, 24. NW
März . .	20. NO	*20. NO*, 21. NO	20. NO, 21. NO
April . .	4. SW/NW	4. SW/NW, *5. NW*	4. SW/NW, 5. NW
Mai . .	—	—	—
Juni . .	*11. NW*	—	12. SW
Juli . .	—	—	—
August .	*27. SW*	*27. SW*	29. SW, 30. NW
September	*18. NW*	—	—
Oktober .	*6. NW*, 7. NW, 9. NW	7. SW—NW, 8. SW—NW	7. SW—NW, 8. SW
November	19. SW/NW, 28. NW	*8. NW*, *14. SW*, *17. SW*, 19. SW/NW, *27. NW*, *28. NW*, 30. NW	*6. SW—NW*, 7. NW. 8. SW/NW, 9. NW, 15. SW, 17. SW, 19. SW, 20. NW, *27. SW*, 28. NW, *29. NW*, *30. NW*
Dezember	8. SW, 9. NW	1. NW, *8. SW*, *15. NO*	1. NW, 8. SW, 9. SW—NW

Es berichtet an den kursiv gedruckten Tagen wenigstens ein Drittel der Signalstellen der Seewarte auf den einzelnen Küstenstrecken Windstärke 8 der Beaufortskala und darüber, an den andern Tagen wenigstens die Hälfte.

[1]) Ann. d. Hydrographie 1902 p. 201.

Elektrische Lufterscheinungen.

Die Bedeutung vertikaler Luftströme für die atmosphärische Elektrizität erörterte F. Linke.[1]) Die Atmosphäre stellt ein elektrisches Feld dar, das von einer unendlichen, geladenen Fläche (Erdoberfläche) ausgeht. Wenn keine Störungen vorhanden sind, ist das Gefälle positiv und nimmt mit der Höhe ab. Die positiven Massen, die entsprechend der negativen Ladung des Erdballes in der Luft anzunehmen sind, haben Elster und Geitel auf Grund der Ionentheorie nachweisen können. In dem elektrischen Feld der Erde befinden sich nun Leiter, wie Wassertropfen, Staub u. s. w. Wenn sich diese Leiter aus irgend einer Ursache vertikal bewegen, so wird sich freie Elektrizität auf ihnen bemerkbar machen müssen, auch wenn alle andern Elektrizitätsquellen ausgeschlossen werden. Da die Niveauflächen nach oben hin positivere Werte zeigen, werden die leitenden Teilchen, wenn man von Zerstreuungsverlusten absieht, bei Aufwärtsbewegung negative Ladung annehmen, positive dagegen beim Sinken. Gewisse Beobachtungen vom Ballon aus, die über die Ladung von Dunstschichten gemacht wurden, deren Höhe sich in der Zwischenzeit zweier Beobachtungen geändert hatte, bestätigen diese Annahme. Linke meint, dass sich auf solche Art das Zustandekommen viel grösserer Spannungen erklären lasse, als durch die Reibung von Wasser an Eis (Sohncke) und auch durch Kondensationen an Ionen (Wilson). Bei schnellem Aufsteigen eines Luftstromes könnten nach Linke sehr wohl Blitzspannungen auftreten, die sich in der Höhe ausgleichen mögen, so dass die Wolken die Spannung der höhern Schichten annehmen und nun beim Herabsinken im absteigenden Luftstrome der Böen gegen die Erde von neuem eine so hohe Spannung zeigen, dass wiederum Blitzentladungen erfolgen.

Beobachtungen über die Zerstreuung der Elektrizität in der Luft hat K. v. Wesendonk von Ende Oktober 1901 bis Ende April 1902 zu Berlin mit einem nach Angabe von Elster und Geitel gefertigten Elektrometer angestellt.[2]) Es fand sich, dass Sonnenschein in keiner Weise schnellen Verlust der Ladung zur Folge hat, obwohl man von vornherein geneigt wäre, anzunehmen, die Sonnenstrahlen möchten ionisierend, resp. aktivierend auf die Luft einwirken. Von grossem Einfluss ist sicher die Trübung der Atmosphäre, sie kommt in erster Linie in Betracht, aber es will Verf. doch scheinen, als ob man von seiten einiger Beobachter diesen Einfluss vielleicht etwas überschätze. Der Unterschied zwischen entschieden dunstigen und relativ klaren Tagen ist doch häufig zu klein, um fast allein der genannten Ursache die Variationen in der Elektrizitätszerstreuung zu-

---

[1]) Annalen der Physik 1902. 7. p. 231.
[2]) Naturw. Rundschau 1902. 24. p. 301.

schreiben zu können. Allerdings ist man bei Angaben über Dunstgehalt, da strenge Messungen leider häufig fehlen, leicht Täuschungen ausgesetzt. Besonders will es Verf. scheinen, dass man an hellen, sonnigen Tagen die Klarheit der Luft leicht überschätzt. Auch der Einfluss der Dunstmenge auf die Aktivität der Luft ist bisher noch nicht genauer bestimmt. Verf. will daher mit diesen Bemerkungen auch wesentlich nur auf die betreffenden Fragen hinweisen.

Sehr wenig bestimmten Einfluss scheint der Barometerstand zu besitzen. Bei etwa denselben mittlern oder tiefern Werten desselben traten die verschiedensten Grössen der Elektrizitätszerstreuung ein, bei hohem Luftdrucke allerdings fast nur kleine Abnahmen und nur zweimal grosse, auch trat trotz recht hohen Barometerstandes einmal eine weit über mittlere Abnahme auf. Dies Verhalten entspricht dem Befunde, dass sogenanntes Aprilwetter der Aktivität der Luft günstig ist, dabei herrscht ja bekanntlich vorwiegend niederer Luftdruck. Mit einiger Bestimmtheit ist aber wohl zu schliessen, dass anticyklonales Wetter, obwohl dabei anscheinend hoch aktivierte Luft aus den Höhen dem Erdboden zuströmt, in keiner Weise die Elektrizitätszerstreuung stark vermehrt. Auch relativ hohe Lufttemperatur allein genügt nicht dazu; bei relativ warmem Wetter kann die Abnahme der Ladung doch nur klein sein.

Wind befördert wohl im allgemeinen die Zerstreuung, sehr kleine Abnahmen fanden sich nicht bei stark windigem Wetter, aber andererseits ist sein Einfluss auch nicht gut bestimmt zu definieren. Ost- und Nordwinde scheinen wenigstens bei Winterwetter relativ wenig die Aktivität der Luft zu befördern, dagegen thun für gewöhnlich solches in reichlichem Masse die West- und Südwinde.

Feuchtigkeit begünstigt an sich nicht die Zerstreuung, hoher Wassergehalt der Atmosphäre scheint eher der Aktivität ungünstig, aber es ist doch anderseits zu beachten, dass bei trübem und regnerischem, ja selbst nebeligem Wetter gerade grössere Abnahmen nicht zu selten sind.

Messungen der Elektrizitätszerstreuung in freier Luft haben J. Elster und Geitel ausgeführt.[1]) Die Beobachtungen geschahen in Wolfenbüttel täglich von Ende 1898 bis Mai 1900 und wird das Verfahren die Messungen der Elektrizitätszerstreuung von den aus mangelhafter Isolierung des Versuchskörpers entspringenden Fehlern, freizuhalten, beschrieben.

Es wird versucht, einen Zusammenhang zwischen der Elektrizitätszerstreuung und den meteorologischen Bedingungen zur Zeit der Beobachtung zu erkennen.

Es ergiebt sich keine einfache Beziehung zur Temperatur, absoluten Feuchtigkeit und Windstärke. Dagegen tritt deutlich die

[1]) Sitzber. d. k. k. Akademie d. Wiss. in Wien 1902. 18.

Abnahme der Zerstreuung mit wachsender relativer Feuchtigkeit, wie mit zunehmender Trübung der Luft hervor. Winde aus nördlicher Richtung bewirken in Wolfenbüttel im allgemeinen eine Steigerung der Zerstreuung. Das Tagesmaximum liegt gegen Mittag, das des Jahres fiel für den angegebenen Zeitraum in den April.

Es folgt dann die Besprechung zahlreicher auf Reisen ausgeführter Messungen. Regelmässig zeigte sich der Einfluss des elektrischen Feldes der Erde auf Berggipfeln in der Weise, dass die Zerstreuung der negativen Elektrizität gegen die der positiven vermehrt erscheint. Sehr hohe Zerstreuungskoeffizienten sind in Capri und in Spitzbergen beobachtet.

Die Voraussetzung der Gegenwart freier Ionen in der atmosphärischen Luft bildet durchwegs die Grundlage, von der aus die verschiedenen Eigenschaften des Zerstreuungsvorganges aufgefasst werden.

Über die tägliche Periode der Luftelektrizität hat F. Exner Untersuchungen angestellt.[1]) Die Luftelektrizität zeigt: 1. eine doppelte tägliche Periode mit zwei Maxima, etwa um 8^a und 8^p Ortszeit, die durch eine starke Mittagsdepression getrennt sind; 2. eine einmalige tägliche Periode mit einem flachen über alle Tagesstunden sich erstreckenden Maximum und einem Nachtmaximum; 3. Fehlen jeder wesentlichen Änderung des Potentialgefälles während 24 Stunden. Ein Zusammenhang dieser Typen mit der geographischen Lage hat sich bisher nicht ergeben; dagegen hatte sich gezeigt, dass der Typus der täglichen Periode an manchen Orten mit der Jahreszeit wechselt, so dass 1. im Sommer und 2. im Winter auftritt. Eine Beziehung zu dem einen ähnlichen täglichen Verlauf zeigenden Luftdrucke konnte nicht angenommen werden, weil vielfach Orte mit gleichem Luftdrucke verschiedene Typen der Luftelektrizität aufweisen und umgekehrt.

Die Frage, ob ein anderes meteorologisches Element zur Erklärung der täglichen Periode der Luftelektrizität heranzuziehen sei, lenkte die Aufmerksamkeit des Verf. auf eine Erfahrung, die er bei elektrischen Messungen in Luxor gemacht. Dort hatte sich eine besonders stark ausgeprägte, doppelte tägliche Periode ergeben, die überraschend zusammenfiel mit einer mittägigen Depression der ultravioletten Sonnenstrahlung; mit der früher noch nie so deutlich beobachteten Strahlungsdepression fiel auch ein Minimum des Potentialgefälles zusammen. Ähnliches fand Verf. auch für Ceylon, Delhi, Luxor, Wolfenbüttel und einige andere Orte.

Da die Mittagsdepression der Strahlung wohl nur der Bildung irgend einer absorbierenden Schicht zugeschrieben werden kann, die gleichzeitige Depression des Potentialgefälles aber das Vorhandensein negativer Ladungen über dem Beobachtungsorte vorausgesetzt, so muss an Orten mit doppelter täglicher Periode eine solche Schicht zur

---

[1]) Sitzber. d. k. k. Akademie d. Wiss. in Wien 110. Abt. IIa. p. 571.

Mittagszeit sich bilden und nach der Kulmination der Sonne wieder verschwinden. Beachtet man, dass diese Depression in den besonders trockenen Gebieten von Luxor und Delhi besonders auffallend ist, in den vegetationsreichen und feuchten von Ceylon und St. Gilgen hingegen fehlt, so liegt es nahe, als Ursache der Erscheinung den Staub anzunehmen, der mittags vom trockenen Erdboden durch die Luftströmungen emporgeführt wird. Erklärt diese Vermutung auch das verschiedene Verhalten während des Sommers und des Winters in unsern Breiten, so muss sich die weitere Konsequenz anreihen, dass die absorbierende Schicht und die durch sie bedingte Folgeerscheinung nur zu einer geringen Höhe aufsteigen kann. In der That haben Messungen bei Luxor, in Südindien, bei Rom und auf dem Eiffelturme eine bedeutende Verflachung der täglichen Periode des Potentialgefälles in höhern Luftschichten ergeben.

Prof. Exner schliesst aus diesen Beobachtungen: »Ganz ohne über die Natur der absorbierenden Schicht irgend eine spezielle Ausnahme zu machen, was gegenwärtig wohl verfrüht wäre, kann man die doppelte tägliche Periode als eine Störungserscheinung auffassen, die aus der normalen, einfachen Periode durch das Auftreten einer lokalen Mittagsdepression entsteht. Der gleichen Ursache wäre auch der Übergang vom Winter- zum Sommertypus an ein und demselben Beobachtungsorte, sowie die Änderung des täglichen Ganges mit der Höhe zuzuschreiben. Die ungestörte, normale tägliche Periode der Luftelektrizität wäre somit überall die einmalige, mit einem flachen Tagesmaximum und einem flachen Nachtminimum.«

Über die Richtung der elektrischen Strömung in Blitzen verbreitet sich Max Toepler.[1]) »Wie jeder elektrische Strom, so erzeugt auch ein Blitz ein magnetisches Feld um seine Bahn; Körper, welche sich in der Nähe der Blitzbahn befinden, können dauernd magnetisiert werden. Aus der Art dieser remanenten Magnetisierung lässt sich unter Umständen die Strömungsrichtung der Elektrizität im Blitze nachträglich feststellen. Ein günstiger Umstand für diese Untersuchung von Blitzen ist es, dass Basalt, Phonolith, Dolerit und andere häufig vorkommende Gesteine durch Blitzschläge magnetisiert werden können. Zur Aufsuchung von Blitzspuren werden daher in erster Linie solche Landstriche in Frage kommen, in denen an zahlreichen und ausgedehnten Gebieten Basalt, Phonolith oder andere dauernd magnetisierbare Gesteine in Geröllform oder anstehend den Erdboden bedecken. Auf waldbedeckten Gebieten konnten in einigen Fällen die manchmal sehr deutlichen Spuren von Blitzschäden an alten Bäumen als Wegweiser dienen; leider werden bei rationeller Forstkultur stark beschädigte Bäume rasch beseitigt. Öfters war es auch noch möglich, durch Ausfragen von Waldhütern oder dgl. die

---

[1]) Meteorol. Ztschr. 1901. p. 481.

Orte, an denen früher Blitze eingeschlagen haben, festzustellen. Als Beispiel führt Toepler folgenden Fall an. Auf einer Schonung am Osthange des Geisingberges wurde ein Baumstumpf als der eines früher vom Blitze beschädigten Baumes gezeigt. Die Untersuchung des magnetischen Verhaltens der umliegenden Basaltblöcke ergab, dass die um den Stumpf gelegenen Blöcke fast unmagnetisch waren, und dass dagegen ein benachbarter Baumstumpf von einem magnetischen Ringfelde umgeben war; an letzterem Stumpfe war also der Blitz entlang gefahren, und zwar in der Richtung von Erde zu Wolken. Da sich der remanente Magnetismus in Basalt oder dgl. sehr lange erhält, so wird man manchmal auch bei Fehlen unmittelbar sichtbarer Blitzspuren durch einfaches Absuchen einer von Geröll bedeckten Fläche mit einem Kompasse die Ringfelder von Blitzschlägen auffinden können. Meist finden sich jedoch bei derartigem Absuchen zwar zahlreiche, auch stark magnetische Blöcke, jedoch mit unregelmässiger gegenseitiger Lage der Magnetfeldrichtung; durch Witterung und Menschenhand (beim Roden u. s. w.) sind die meisten Blöcke aus ihrer ursprünglichen Lage gebracht. Felskuppen oder Klippen auf Anhöhen werden besonders leicht eine Blitzbildung veranlassen oder doch auf sich hinziehen. Ist der Entladungsprozess einmal eingeleitet, so findet dann die eigentliche Blitzentladung überwiegend nicht durch das Gestein hindurch statt (auch wenn dieses selbst, wie z. B. Basalt, relativ gut leitet), sondern längs der Oberfläche des blitzbetroffenen Felsens; der Blitz gleitet an der Gesteinsoberfläche entlang, um sich dann in feuchten Felsspalten etc. zu verteilen. An grössern, exponierten, magnetisierbaren Gesteinsblöcken beobachtet man dementsprechend in der That häufig, dass nord- und südmagnetische Gesteinsgebiete längs einer oft sehr scharf ausgeprägten Linie, der »Blitzspur«, unmittelbar aneinanderstossen.

Bezüglich der Auffindung und Beurteilung von Blitzspuren der letztgenannten Art längs Gesteinsoberflächen kann man zwei Hauptfälle unterscheiden. Liegt die mehr oder weniger senkrechte Gleitfläche parallel dem magnetischen Meridiane, so giebt die einfache Beobachtung der Ablenkung der Magnetnadel vom Steine fort und auf ihn hin die Lage der Blitzspur und den Strömungssinn. Etwas schwieriger dagegen ist die Bestimmung beider, wenn die Gesteinsfläche, an welcher der Blitz entlang fuhr, westöstliche Stellung besitzt. In diesem Falle beobachtet man längs eines mehr oder minder breiten Oberflächenstreifens eine Umkehr der Magnetnadel um 180°. Beiderseits dieses Streifens ist zwar die ursprüngliche Richtung des magnetischen Feldes durch den Einfluss des Gesteinsmagnetismus in der Regel nicht wesentlich geändert, dagegen aber seine Stärke. Die Blitzbahn liegt auf derjenigen Seite des umkehrenden Streifens, welche an dasjenige Oberflächengebiet grenzt, an welchem die nicht umgekehrte Kompassnadel die kürzere Schwingungsdauer besitzt, wie leicht aus einer nähern Betrachtung der Intensitätsverhältnisse des resul-

tierenden magnetischen Feldes hervorgeht. Besonders exponierte Punkte werden im Laufe der Zeit wiederholt von Blitzen getroffen. Liegen die Blitzspuren zu nahe bei einander, oder kreuzen sich dieselben gar, so ist ein Auseinanderkennen der einzelnen Spuren nicht mehr möglich. Die Gesteinsoberfläche zeigt wirr durcheinanderliegende süd- und nordpolare Gebiete. Der ganze Fels wirkt dabei doch manchmal in grösserer Ferne (bis zu 3 *m* Abstand und mehr) als einheitliches Gebilde; vermutlich sind in letzterem Falle unter den stattgehabten Schlägen solche eines bestimmten Zeichens vorwiegend gewesen.

Schliesslich sei noch auf die Beobachtung aufmerksam gemacht, dass manchmal bestimmte Felskuppen von wiederholten Blitzschlägen getroffen erscheinen, während benachbarte, oft günstiger gelegene, ja sogar höhere Klippen ohne Blitzspuren sind; erklären dürfte sich dies aus der freilich unkontrollierbaren Feuchtigkeitsverteilung (Quellen u. dgl.) im Erdboden.«

Toepler führt 92 von ihm aufgefundene Blitzspuren an, bei denen sich mit Sicherheit der Sinn des Elektrizitätsflusses im Blitze feststellen liess. Diejenigen Blitzspuren, welche auf eine Strömung von Erde zu Wolke schliessen liessen, bezeichnet er als positive (Erde-Anode), die Blitzschläge von Wolke zur Erde als negative (Erde-Kathode). Es ergab sich hierbei die höchst auffallende Thatsache, dass die positiven Spuren erheblich überwiegen, nämlich 59 gegen 33 negative. Eine Erklärung dieser Erscheinung liess sich in verschiedener Weise geben. »Wie man sich leicht überzeugt«, sagt Toepler, »finden bei Gewittern die weitaus meisten Entladungen zwischen den Wolken statt; nur ein kleiner Teil der Blitze trifft den Erdboden. Negativ geladene Wolkengebiete und positiv geladene werden hiernach vermutlich in nahezu gleicher Menge vorhanden sein. Zur Erklärung des auffallenden Überwiegens der Blitzspuren Erde—Wolken könnte man annehmen, dass in der Mehrzahl der Fälle die negativen Wolken tiefer schweben als die positiven. Diese Annahme erscheint aber recht unwahrscheinlich. Eine andere, wahrscheinlichere Erklärung lässt sich aus der Art und Weise der Blitzbildung geben. Blitze bilden sich wohl meist derart, dass an irgend einer Stelle einer Wolke bei genügendem Spannungsgefälle ein Doppelbüschel (einerseits positiv, anderseits negativ) entsteht. Beide Büschel wachsen dann nach entgegengesetzten Richtungen gegen und mit dem Gefälle weiter; der Entladungskanal zwischen den rasch vorwärtswachsenden Büscheln erscheint uns als (Linien-) Blitz. Überträgt man nun die bekannten Eigentümlichkeiten der Büschelbildung, wie wir sie bei Entladungen grosser Induktorien oder Influenzmaschinen beobachten, auf die geschilderte Blitzbildung, so haben wir anzunehmen, dass die Blitze die Tendenz zeigen werden, sich vorwiegend leicht nach ihrer positiven Seite hin zu verästeln. Ein Blitz von Wolke zur Erde wird hiernach letztere zumeist in zahlreichen, aber relativ schwachen Ästen treffen, welche dann keine oder nur schwache

und daher schwer nachweisbare Spuren hinterlassen. Umgekehrtes gilt für die Blitze von Erde zu Wolke. Bei gleicher Häufigkeit beider Strömungsrichtungen wird man hiernach doch eine überwiegende Anzahl von Blitzspuren mit Strömungssinn Erde—Wolken auffinden.«

Das Spektrum des Nordlichtes. Schon früher hat A. Paulsen auf die Übereinstimmung des Nordlichtspektrums mit dem Kathodenlichtspektrum einer Mischung von Sauerstoff und Stickstoff aufmerksam gemacht. Sowohl das Nordlichtspektrum als das Kathodenlichtspektrum sind photographisch aufgenommen. Das Spektrum des Nordlichtes umfasst, ausser der sogenannten Hauptlinie ($\lambda = 557\ \mu\mu$), doch nur Linien, deren Wellenlängen zwischen 470 $\mu\mu$ und 337 $\mu\mu$ liegen. In diesem Teile des Spektrums sind 21 Linien photographiert.

Spätere in Kopenhagen gemachte Untersuchungen erwiesen, dass die Linien im brechbarsten Teile des in Island photographierten Kathodenlichtspektrums dem Stickstoffe angehörig sind. Die Verteilung der Linien ist in diesem Teile des Spektrums sehr charakteristisch, sowohl in Bezug auf die Gruppierung, als auf die Intensität, so dass man nicht umhin kann, dem blossen Anblicke nach diese Teile der beiden Spektren als identisch anzusehen. Auch die in Island ausgeführten Bestimmungen der Wellenlängen deuten auf eine vollständige Identität dieser Teile der beiden Spektra hin. Prof. Scheiner in Potsdam hat die beiden genannten Spektra nun durch Messungen verglichen. Die Spektra sind mit demselben Spektrograph (Linsen von Quarz und Prisma von Kalkspat) aufgenommen und umfassen die Wellenlängen zwischen 426 $\mu\mu$ und 337 $\mu\mu$, also entsprechend dem Teile des Sonnenspektrums ungefähr von der Linie G bis P. In diesem Teile des Nordlichtspektrums sind 15 Linien photographisch aufgenommen. Prof. Scheiner hat die Messungen nur ausgeführt, um die Identität der zwei genannten Spektra zu konstatieren. Die Messungen sind daher nur komparativ.

Die Übereinstimmung der Linien ist eine sehr gute, und da überdies die relativen Intensitäten der beiden Spektren, so weit sich das beurteilen lässt, vollkommen übereinstimmen, so unterliegt es, sagt Scheiner, keinem Zweifel, dass das Nordlichtspektrum das Kathodenlichtspektrum des Stickstoffes enthält.

Die verglichenen Partien der beiden Spektren umfassen nur die Strahlen von einer Wellenlänge von 426 $\mu\mu$ und darunter; es ist nicht gelungen, Strahlen von grösserer Wellenlänge als 470 $\mu\mu$ aufzunehmen, mit Ausnahme der sogenannten Hauptlinie ($\lambda = 557\ \mu\mu$).

Das photographische Spektrum des Kathodenlichtes des Sauerstoffes zeigt ein starkes Band, das Strahlen von der Wellenlänge 557 $\mu\mu$ enthält. Die Breite dieses Bandes ist aber bedeutend grösser als die der Nordlichtlinie.

In der oben citierten Abhandlung, sowie auch in seinem für den internationalen physikalischen Kongress in Paris geschriebenen

Berichte der Ergebnisse der dänischen Nordlichtexpedition [1]) (Rapports présentés au Congrès international de Physique, T. III, pag. 438) hat Paulsen bemerkt, dass alle die photographischen Spektra des Nordlichtes, die in Island aufgenommen sind, ein schwaches kontinuierliches Spektrum zwischen den Linien von den Wellenlängen 470 $\mu\mu$ und 407 $\mu\mu$ zeigen. Spätere in Kopenhagen gemachte Untersuchungen erwiesen, dass dieses scheinbar kontinuierliche Spektrum nicht dem Nordlichte angehörig ist. Es rührt her von dem diffusen Himmelslichte der Dämmerung oder des Mondes, das nicht ausgeschlossen werden konnte während einer Expositionszeit, die sich bisweilen über einen Zeitraum von mehrern Wochen erstreckte.

Das Nordlicht vom 9. September 1898 ist bezüglich seiner geometrischen Verhältnisse von W. Schaper untersucht worden.[2]) Diese Untersuchung wurde veranlasst durch den Umstand, dass der Nordlichtbogen an mehrern ziemlich weit voneinander liegenden Orten durch eine gut definierte Linie bezeichnet war, die als Unterlage für zuverlässige Höhenschätzung dienen konnte. Aus den Höhenwinkelmessungen zu Göttingen und Meldorf ergab sich, dass ein Punkt des Lichtringes 60 *km* vertikal von dem Erdorte, der 11° östl. L. nnd 54° 20′ nördl. Br. hat, entfernt war. Andere Beobachtungen ergaben einen Mittelwert von 72 *km*.

In Göttingen wurde von verschiedenen Fachmännern konstatiert, dass die Enden des Lichtbogens auf dem Horizonte lagen, und dass diese Endpunkte eine Azimutaldistanz von 125° besassen. Giebt man diesen beiden scheinbaren Grenzpunkten die Höhe von 70 *km*. so kann man die wirkliche Lage der betreffenden Punkte im Raume ermitteln. Hiernach lag das Westende ungefähr im Zenith von Liverpool, das Ostende ungefähr im Zenith von Libau (Kurland). Aus 12 Punkten für die Südgrenze des Nordlichtringes findet sich eine krumme Linie, die nicht mit einem Hauptkreise der Erdkugel übereinstimmt; wohl aber bildet sie eine orthogonale Trajektorie zu den Richtungen der Deklinationsnadel an den bezeichneten Plätzen.

Strahlenrichtungen sind am 9. September nur ausnahmsweise synchron aufgezeichnet worden; so zu Lübeck und zu Hirschberg i. Schl. für rote Strahlenbänder, welche sich deutlich von den übrigen abhoben. Durch diese Korrespondenzbeobachtungen konnte ein weiterer Punkt des Polarlichtes festgelegt werden, nämlich derjenige, dessen Projektion auf die Erde in 18° 42′ ö. L. und 56° n. Br. liegt. Ein Punkt des roten Strahles, der, von Lübeck aus gesehen, durch den Stern ϱ Persei ging, würde eine Höhe von 424 *km* besitzen. Ebenderselbe erstreckte sich aber noch bis zu einer viel grössern, nahezu 20° mehr betragenden Höhe, entsprechend einer äussersten Erhebung des Strahles über die Erde von rund 800 *km*. Entsprechend lässt

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 414.

[2]) Schriften des naturw. Vereins für Schleswig-Holstein 1901. 12.

sich zeigen, dass ein zweiter Strahl, der in Lübeck und Warnemünde gleichzeitig gesehen werden konnte, bis zu einer Höhe von 670 *km* stieg. Das Licht war, wie gewöhnlich, nicht ruhig, sondern flackerte stark; die Bewegung des roten Strahles würde sich darstellen lassen durch die Annahme, dass ein Punkt derselben in einer Sekunde 70 *m* zurücklegte.

Katalog der in Norwegen bis Juni 1878 beobachteten Nordlichter. Sophus Tromholt hat 1879 eine Sammlung alles dessen begonnen, was je über norwegische, mit Zeitangaben verbundene Nordlichter geschrieben, publiziert und aufbewahrt worden. Diese mühevolle Sammelarbeit hat er auch glücklich vollendet, aber der Tod überraschte ihn (am 17. April 1896), ehe er dieselbe veröffentlichen konnte. Dies ist jetzt durch J. Schroeter geschehen, in einem stattlichen Bande auf Kosten zweier Institutionen.[1]) Das Gebiet Norwegens, über welches sich die Beobachtungsorte verteilen, ist dabei in 4 Unterabteilungen geteilt, nämlich: 1. nördlich von 68° 30′ n. Br. 2. zwischen 68° 30′ und 65° n. Br. 3. zwischen 65° und 61° 30′ n. Br. 4. südlich von 61° 30′ n. Br.

Das Werk enthält thatsächlich sämtliche existierenden norwegischen Nordlichtbeobachtungen mit allen ihren Einzelheiten, auch ist für jeden Nordlichttag die Zahl der Tage angegeben, welche an demselben seit dem letzten Neumonde verflossen war. Die früheste Beobachtung ist aus dem Gebiete 4 und datiert vom 22. September 1594.

Reduziert man die Summe der Nordlichttage auf 1000, so erhält man folgende Verteilung derselben auf die einzelnen Monate sowohl für das ganze Land T, als für jedes der oben erwähnten Gebiete 1—4.

	T	1	2	8	4
Juli	1	0	0	0	8
August	33	4	8	27	52
Septbr.	112	74	83	135	125
Oktober	133	146	117	131	134
November	126	145	138	128	110
Dezember	123	163	150	112	96
Januar	128	166	154	120	100
Februar	129	140	159	135	124
März	139	146	155	143	148
April	71	16	36	67	105
Mai	5	0	0	2	8
Juni	0	0	0	0	0

Diese Tabelle zeigt denselben Charakter der jährlichen Verteilung des Nordlichtes, den man bereits kennt, wenn man das ganze Land (T) in Betracht zieht; man hat ein Maximum um die Nachtgleichen (Oktober und März) herum, getrennt durch ein Minimum mitten im Winter. Für die nördlichsten Teile (1) des Landes hat

[1]) Katalog der in Norwegen bis Juni 1878 beobacht. Nordlichter, zusammengest. von S. Tromholt. Herausgeg. von J. Schröter, Kristiania 1902.

die Periode dagegen einen völlig arktischen Charakter mit einem Maximum um die Wintersonnenwende. In dem Gebiete (2) findet dasselbe Verhältnis noch statt, während im Gebiete (3) und noch stärker in (4) die Periode denselben Verlauf hat wie in mittlern Breiten. Zieht man den Rubensonschen Katalog der in Schweden beobachteten Nordlichter noch hinzu, so erhält man sehr nahe das gleiche Resultat bezüglich der jährlichen Periode, sowohl für das ganze Land als für die einzelnen Gebiete, so dass diese Verteilung also für ganz Skandinavien gilt.

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Kimmtiefenbeobachtungen sind von Karl Koss auf der »Pola«-Expedition im Roten Meer und später von Verudella bei Pola aus angestellt worden. Die Hauptergebnisse welche aus diesen Beobachtungen abgeleitet wurden sind folgende:[1]) Die Kimmtiefe ändert sich mit dem Unterschiede zwischen der Luft- und der Wassertemperatur, ohne dass Luftdruck, Feuchtigkeit oder Bewölkung merklich darauf einwirken. Die Hebung (Senkung) wird durch die Abnahme der Temperatur mit der Höhe bewirkt; dieses Temperaturgefälle macht, wenn Luft und Wasser gleich warm sind, eine Abnahme von 0.016 ° pro *m* aus (1 ° auf 60 *m*) und wird durch einen Unterschied zwischen Luft- und Wassertemperatur geändert; ist das Wasser wärmer (kälter) als die Luft, so wird durch den Wärmeaustausch, den der Wind fortwährend unterhält, die dem Wasser nächste Schicht erwärmt (abgekühlt) und hierbei immer gewechselt, wodurch auch die Temperaturabnahme mit der Höhe vergrössert (verkleinert) wird. Diese Änderung ist in den untern Luftschichten stärker als in den obern. Verf. giebt Formeln und Tabellen, aus denen man gegebenenfalls den Betrag, um den die Kimm gehoben oder gesenkt ist, ableiten kann.

Die tägliche Variation der atmosphärischen Strahlenbrechung ist von V. E. Boccara studiert worden.[2]) Schon 1890 hat Prof. Riccó darauf aufmerksam gemacht, dass die Linie des Meereshorizontes merklich in ihrer Lage schwankt im Vergleiche zu den Gipfeln der Häuser. Da diese Änderungen von der atmosphärischen Refraktion abhängen, so kann man deren Schwankungen bestimmen, wenn man jene kennt. Dieses einfache Verfahren bietet ein Mittel, die tägliche Variation der Refraktion zu studieren. Der Winkel, den die Gesichtslinie in einem bestimmten Punkte des Meereshorizontes mit derjenigen eines festen Punktes von einem dem Beobachter nahen Objekte bildet, wurde möglichst oft gemessen und unter Berücksichtigung der auf dem Observatorium zu Catania verzeichneten Unruhe der Luft aus diesen Winkeln die jedesmalige Refraktion berechnet.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 458.
[2]) Il nuovo Cimento 1901. (5) 2. p. 204.

Zunächst wurde allgemein die bereits bekannte Thatsache bestätigt, dass in Sicilien die Refraktion kleiner ist als in andern Gegenden. Eine genauere Beziehung der Refraktion zu den meteorologischen Elementen liess sich aus den täglichen Beobachtungen nicht ableiten, nur so viel ergab sich, dass die Refraktion abnimmt mit Zunahme des Luftdruckes und mit der Abnahme des Temperaturunterschiedes zwischen den Orten der Beobachtung und dem Meereshorizonte, und zwar nimmt sie zu mit abnehmendem Drucke und zunehmendem Temperaturunterschiede. Dieses Ergebnis stimmt mit der Hypothese, die allgemein zur Erklärung der atmosphärischen Refraktion aufgestellt wird. Sind Druck- und Temperaturunterschiede konstant, so ändert sich die Refraktion mit der Luftunruhe, und zwar in umgekehrtem Verhältnisse zu dieser. Die Feuchtigkeit übt nur geringen Einfluss und strebt bei Zunahme die Refraktion zu steigern.

Über den täglichen Gang der Refraktion geben Aufschluss eine Tabelle halbstündiger Werte von 7—18^h und die nach derselben gezeichneten Kurven. Sie lehren, dass die Refraktion am grössten ist gegen 8^h, sodann sinkt sie schnell bis gegen $11^1/_2{}^h$, sie bleibt von da konstant bis 15^h und beginnt dann langsam abzunehmen. (Vor 7^h und nach 18^h konnten keine Beobachtungen gemacht werden.) Eine andere Zusammenstellung der Beobachtungen, in welcher für die Tage 11.—21. April die Refraktion der Vormittagsstunden mit dem Mittel der Nachmittagsbeobachtungen verglichen sind, zeigt deutlich, dass die Depression des Horizontes an den Vormittagsstunden kleiner ist als in den Nachmittagsstunden; die Refraktion war also vormittags grösser als nachmittags. Das Mittel der Refraktionen, das bei heiterem Himmel gewonnen wurde, war kleiner als das Mittel bei bedecktem Himmel. Wenn dieses letztere Ergebnis sich durch weitere Beobachtungen bestätigen würde, hätte man einen Grund für die geringere Refraktion Siciliens im Vergleiche zu andern Gegenden. Es ist nämlich bekannt, dass im ganzen Mittelmeere und besonders in Sicilien der Himmel klarer und heiterer ist als anderswo, und daher muss die Refraktion hier kleiner sein.

Der Regenbogen in Russland. Ernst Leyst hat eine interessante statistische Untersuchung über diese optische Erscheinung an der Hand vieljähriger Beobachtungen an 69 Stationen Russlands ausgeführt.[1]) Diese Stationen umfassen zusammen 1111 Jahrgänge und berichten über 4826 Wahrnehmungen von Regenbogen. Die Verteilung dieser auf die einzelnen Jahre und das Zusammenlegen derselben zu fünfjährigen Gruppen für die einzelnen Stationen sowie die Bildung vierjähriger Mittel zeigten, dass im Lustrum 1885—1889 und insbesondere um die Jahre 1887 und 1888 viele Regenbogen zur Beobachtung kamen, während vorher und nachher etwa um die Jahre

---

[1]) Bull. de la Soc. impér. des Naturalistes de Moscou 1901. p. 102.

1882—1883 und 1896—1897 ein Minimum war. Zur Prüfung dieses aus dem Gesamtmateriale abgeleiteten ersten Schlusses diskutiert Leyst die Beobachtungen einiger besonderes Vertrauen verdienender Stationen, mit vollständigen 25 jährigen Beobachtungen, in denen 1350 Regenbogen angeführt sind. Diese 8 Stationen zeigen in den Jahren 1880 und 1887 starke Maxima und in den Jahren 1884 und 1897 Minima; ferner ergeben sie fast zweimal so viel Regenbogen pro Jahr und Station als die kürzern Beobachtungsreihen. Aber auch die übrigen 61 Stationen bieten allein noch für das Lustrum 1885—1889 ein Maximum. Neben diesen diskutiert Verf. einige vieljährige, aber nicht den ganzen Zeitraum umfassende Beobachtungen, und zwar 16 Stationen mit siebzehnjährigen Beobachtungen und neun Stationen mit elfjährigen Beobachtungen. Alle drei Reihen ergaben ein Maximum in den Jahen 1887—1888 und ein Minimum 1897—1898; ebenso zeigten alle drei ein sekundäres Maximum in den Jahren 1892—1893. Da selbst Stationen, die nicht zu den bessern gehören, einen ähnlichen Gang der Regenbogenhäufigkeit erkennen liessen, so kann aus der Gesamtheit der 4326 Regenbogenbeobachtungen als Ergebnis hingestellt werden, dass Maxima der Häufigkeit in den Jahren 1876—1877 und 1887—1888, hingegen Minima in den Jahren 1881 und 1897 eingetreten sind.

Eine Zusammenstellung lehrt ferner, dass die meisten Regenbogen im Innern des Kontinents beobachtet werden, und zwar ergeben sie mehr als dreimal so viel Regenbogen als die Küstenstationen; am häufigsten sind sie in den zentralen Gouvernements, im Ural und in Westsibirien beobachtet worden; von da nimmt ihre Zahl nach den Meeren hin sowie zum Gebiete der trockenèn Sommer und wahrscheinlich mit der Seehöhe ab.

Eine eingehende Diskussion des jährlichen Ganges zeigt, dass das früheste Maximum in der jährlichen Häufigkeit in der kaspischen und transkaspischen Gruppe auftritt, nämlich am 5. Juni; und dass von dort die Verspätung desselben nach Norden, zum Ozeane und sehr wahrscheinlich mit der Seehöhe geht.

Der tägliche Gang der Häufigkeit des Regenbogens ergiebt, dass das Minimum der Anzahl der Regenbogen auf den Vormittag und Mittag fällt und das Maximum auf den Nachmittag und auf den Abend. Die Vergleichung der einzelnen geographischen Gruppen ergiebt, dass alle Gruppen in der Nähe grosser Meere verhältnismässig mehr Vormittagsregenbogen haben als die Binnenstationen. Die Berücksichtigung der verschiedenen Jahreszeiten bei der Ermittelung des täglichen Ganges lehrt, dass die Vormittagsregenbogen in den 3 Wintermonaten die häufigsten sind; in den übrigen 9 Monaten des Jahres liegt das Maximum des täglichen Ganges im Nachmittage. Die Nacht- und die Morgenregenbogen sind relativ häufig im Herbste und im Frühjahre. Das Jahresmaximum tritt bei den verschiedenen Tageszeiten zu verschiedener Zeit ein, und zwar treten die Mittagsregenbogen fast nur in der zweiten Jahreshälfte ein, mit einem Maxi-

mum Ende September, während die Abend- und Nachtregenbogen ihr Maximum am 3. Juli haben.

Als Endresultat ergiebt sich, dass der Regenbogen in seiner Häufigkeit einen säkularen Gang, einen jährlichen Gang und einen täglichen Gang hat, und ausserdem seine Häufigkeit von der geographischen Lage des Beobachtungsortes abhängig ist, besonders von der geographischen Breite und von der Verteilung von Land und Wasser, wie auch der Niederschläge.

Klimatologie.

Über klimatologische Mittelwerte für ganze Breitenkreise hat W. v. Bezold eine bemerkenswerte Arbeit veröffentlicht.[1]) Schon früher [2]) hat er auf das Unzweckmässige hingewiesen, das bei tabellarischer oder graphischer Zusammenstellung von Mittelwerten für ganze Parallelkreise in der Anwendung der geographischen Breite liegt, weil dabei die polaren Gegenden unverhältnismässig bevorzugt werden. Eine nach Stufen von 10° angeordnete Tabelle räumt der Zone von 0—10° nur ebensoviel Platz ein, wie der Polarkappe von 80—90°, während doch die erstere eine mehr als elfmal so grosse Oberfläche besitzt. In entsprechender Weise liefert auch eine graphische Darstellung, bei welcher man die geographischen Breiten als Abscissen wählt, ein gänzlich verzerrtes Bild, aus dem man erst nach tieferer Überlegung richtige Vorstellungen gewinnen kann. Ganz anders gestaltet sich die Sache, wenn man den Sinus der geographischen Breite als Argument oder als Abscisse einführt.

Thut man dies, dann entsprechen gleichen Stufen der Tabelle, d. h. gleichen Differenzen des Argumentes oder gleichen Längen auf der Abscissenaxe, auch gleich grosse Zonen, und die einzelnen Werte, bez. die Ordinaten erscheinen alsdann, abgesehen von der ihnen sonst anhaftenden Unsicherheit, mit dem Gewichte, das ihnen naturgemäss zukommt.

Dieser Gedanke ist nun durch v. Bezold weiter verfolgt, auf verschiedene meteorologische Elemente angewendet und gezeigt worden, in wie einfacher Weise sich der Zusammenhang zwischen den betreffenden Mittelwerten übersehen lässt, und welche eigenartigen Betrachtungen sich dabei nahezu von selbst aufdrängen.

v. Bezold giebt die Mittelwerte von Sonnenstrahlung, Lufttemperatur, Luftdruck, Bewölkung und Niederschlag für das Jahr, zuerst in tabellarischer Form und dann in graphischer Darstellung, nach Sinussen der geographischen Breite geordnet, an.

Als Grundlagen benutzte er die in gewöhnlicher Weise angegebenen Mittelwerte, und zwar für die Sonnenstrahlung die von

---

[1]) Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1891. p. 1330.

[2]) a. a. O. 1900. p. 356.

Meech[1]) berechneten, für Lufttemperatur jene von Spitaler und Batchelder,[2]) für Luftdruck die Zahlen von W. Ferrel, für die Niederschlagsmengen jene von John Murray und endlich für Bewölkung die von Svante Arrhenius aus der Karte von Teisserenc de Bort abgeleiteten, die man sämtlich in Hanns Klimatologie abgedruckt findet.[3])

Aus diesen Zahlen wurden alsdann durch eine sehr sorgfältige graphische Interpolation die Werte abgeleitet, wie sie den Sinussen 0.05, 0.10 u. s. w. bis 0.95 entsprechen.

Man findet die so erhaltenen Werte in Tabelle I zusammengestellt (S. 363).

Dabei wurden die auf die einzelnen Elemente bezüglichen Zahlen so angeordnet, dass die Beziehungen im Gange derselben möglichst klar hervortreten. Um dies auch in der Tabelle leicht erkenntlich zu machen, sind die wichtigern Extremwerte durch den Druck hervorgehoben.

D bezeichnet die Strahlensumme des mittlern Äquatorialtages, b den Barometerstand in Millimetern, t die Lufttemperatur, n die Bewölkung in Prozenten und p die Niederschlagshöhe.

»Betrachtet man die nach diesen Zahlen entworfenen Kurven, so gewinnt man vor allem den sehr beruhigenden Eindruck, dass unsere Kenntnis von der Verteilung der wichtigsten meteorologischen Elemente doch eine weit vollständigere ist, als man nach den gewöhnlichen Zusammenstellungen schlechtweg vermuten möchte.

Der Teil der Polargegenden, für welchen man durch kühne Extrapolationen die Mittelwerte für ganze Parallelkreise bilden könnte, beträgt bei Temperatur und Luftdruck kaum 0.1 der ganzen Erdoberfläche, und auch für Bewölkung und Niederschläge dürfte das Bild wenigstens nach den Hauptzügen nahezu in dem gleichen Umfange zutreffend sein.

Ferner aber ersieht man, und das ist die Hauptsache, sowohl aus der Tabelle als aus der graphischen Darstellung vorzüglich, wie die Verteilung der wichtigsten meteorologischen Elemente, die selbstverständlich in erster Linie durch die Sonnenstrahlung bedingt ist, durch jene des Luftdruckes modifiziert wird.

Die Kurve der Mitteltemperaturen besitzt bei richtig gewähltem Massstabe für die Ordinaten die grösste Ähnlichkeit mit jener der theoretisch gewonnenen Strahlungssummen.

Aber während die letztere der Natur der Sache nach vom Äquator nach beiden Seiten hin genau symmetrisch verläuft, mit einem Maximum am Äquator, so ist das Maximum bei der Temperaturkurve nach der nördlichen Hemisphäre verschoben. Zugleich ist auf der südlichen Halbkugel ein zweites symmetrisch gelegenes, freilich

---

[1]) Hann, Klimatologie 2. Aufl. 1. p. 108.
[2]) Ebenda p. 200.
[3]) Ebenda p. 217.

[illegible] ung des Abfalles, d. h. [illegible]

[illegible] Mitteltemperaturen für [illegible] der hervor, wenn man [illegible] Wasser und Festland [illegible] gsweise zu eliminieren [illegible] gleicher nördlicher und [illegible] tischen Mittel vereinigt.«

[illegible] inen Breitenkreise.[1])

[illegible]	Luftdruck mm b	Δb	Niederschlag cm p	Δp	Bewölkung % n	Δn
[illegible]	—		—		—	
[illegible]	758.7	—	35	—	—	—
[illegible]	58.4	— 0.3	40	+ 5	60	—
[illegible]	58.8	+ 0.4	50	+ 10	61	+ 1
[illegible]	59.9	+ 1.1	58	+ 8	60	— 1
[illegible]	60.9	+ 1.0	58	0	57	— 3
[illegible]	61.6	+ 0.7	55	— 3	53	— 4
[illegible]	62.0	+ 0.4	53	— 2	50	— 3
[illegible]	**62.0**	0.0	53	0	47	— 3
[illegible]	61.9	— 0.1	55	+ 2	44	— 3
[illegible]	61.7	— 0.2	60	+ 5	42	— 2
[illegible]	61.1	— 0.6	64	+ 4	39	— 3
[illegible]	60.3	— 0.8	69	+ 5	38	— 1
[illegible]	59.3	— 1.0	80	+ 11	39	+ 1
[illegible]	58.7	— 0.6	109	+ 29	42	+ 3
[illegible]	58.1	— 0.6	159	+ 50	45	+ 3
[illegible]	57.9	— 0.2	185	+ 26	48	+ 3
[illegible]	57.9	0.0	195	+ 10	52	+ 4
[illegible]	57.9	0.0	196	+ 1	54	+ 2
[illegible]	58.0	+ 0.1	**196**	0	57	+ 3
[illegible]	58.0	0.0	195	— 1	58	+ 1
[illegible]	58.3	+ 0.3	191	— 4	**60**	+ 2
[illegible]	58.5	+ 0.2	186	— 5	**60**	0
[illegible]	58.8	+ 0.3	178	— 8	58	— 2
[illegible]	59.5	+ 0.7	162	— 16	56	— 2
[illegible]	60.2	+ 0.7	130	— 32	53	— 3
[illegible]	61.0	+ 0.8	97	— 33	51	— 2
[illegible]	61.8	+ 0.8	71	— 26	48	— 3
[illegible]	62.6	+ 0.8	65	+ 6	46	— 2
[illegible]	63.2	+ 0.6	65	0	45	— 1
[illegible]	**63.5**	+ 0.3	66	+ 1	46	+ 1
[illegible]	63.0	— 0.5	72	+ 6	49	+ 3
[illegible]	61.7	— 1.3	83	+ 11	53	+ 4
[illegible]	59.9	— 1.8	97	+ 14	57	+ 4
[illegible]	57.2	— 2.7	110	+ 13	61	+ 4
[illegible]	54.0	— 3.2	116	+ 6	65	+ 4
[illegible]	50.0	— 4.0	113	— 3	69	+ 4
[illegible]	44.5	— 5.5	105	— 8	74	+ 5
[illegible]	40.3	— 4.2	95	— 10	—	—
[illegible]	—	—	—	—	—	—
[illegible]	—	—	—	—	—	—

[illegible] ulen weichen vielfach von [illegible] tgeteilten etwas ab. Der [illegible] nen viel sorgfältiger vor- [illegible] um ein angenähertes Bild [illegible] (v. B.)

Man erhält durch dieses Verfahren Mittelwerte, welche im Gegensatze zu den gewöhnlichen nur für die Breitenkreise einer Hemisphäre gültigen »hemisphärischen« von Bezold als »holosphärische« bezeichnet werden. Die nach diesen letztern gezeichneten Kurven zeigen noch weit deutlicher, wie das eine Maximum der Strahlungskurve bei der Temperatur wenigstens andeutungsweise in zwei getrennte zerfällt. »Diese Trennung würde noch schlagender hervortreten, wenn man die Temperaturkurve durch Übereinanderlagerung zweier Systeme entstanden dächte, von denen das eine, in seinem Verlaufe einfachere, nur ein einziges Maximum am Äquator besässe. Das zweite darüber gelagerte System würde alsdann zwei deutlich getrennte Maxima zeigen. Geht man zu der Kurve des Luftdruckes über, so sieht man die beiden bekannten Maxima, auf die zuerst W. Ferrel hingewiesen hat. Der Unterschied zwischen dieser Art der Darstellung und der gewöhnlichen, wie man sie z. B. in dem Lehrbuche von Sprung findet, besteht nur darin, dass die Maxima weiter auseinander gerückt, und dass die Gebiete niedrigen Druckes auf engere Räume zusammengedrängt erscheinen als dort.

Diese Art der Zusammenstellung der verschiedenen Elemente enthüllt den zwischen ihnen bestehenden Zusammenhang in wahrhaft überraschender Weise und beleuchtet klar die hohe Bedeutung der Ferrelschen Luftdruckzonen.«

v. Bezold giebt auch eine Tabelle der holosphärischen Mittelwerte, welche zeigt, dass sogar die auf ziemlich schwankender Grundlage ruhenden Mittel für Niederschlag und Bewölkung bei Zusammenfassung zu holosphärischen Mitteln einen auffallend regelmässigen Verlauf zeigen.

Holosphärische Mittelwerte.

sin φ	Strahlung	Luftdruck	Temperatur S.	Temperatur B.	Niederschlag	Bewölkung
0.9	189.8	749.3	—	—	67	—
0.85	215.3	52.6	0.8	0.1	77	67
0.8	237.0	54.9	3.8	3.3	85	68
0.75	255.6	57.4	6.7	6.7	87	61
0.7	272.2	59.4	9.9	9.9	82	57
0.65	286.7	60.9	12.6	12.6	75	58
0.6	299.4	61.8	15.0	15.1	68	50
0.55	311.0	62.4	17.2	17.7	63	46
0.5	321.0	62.6	19.4	19.5	63	44
0.45	330.1	62.1	21.4	21.0	64	42
0.4	337.6	61.4	22.7	22.6	67	42
0.35	344.3	60.5	24.0	23.9	75	44
0.3	349.8	59.8	24.7	25.0	98	46
0.25	354.8	59.2	25.2	25.8	144	49
0.2	358.6	58.9	25.6	26.2	178	52
0.15	361.9	58.4	25.7	26.5	186	55
0.1	363.6	58.2	25.9	26.6	191	57
0.05	364.8	58.1	25.9	26.6	193	58
0.0	365.2	758.0	25.9	26.6	195	58

Die Zahlen für die Sonnenstrahlung (D) und die Mitteltemperatur t zeigen einen solchen Verlauf, dass sie sich durch eine empirische Formel verknüpfen lassen, und v. Bezold findet als letztere:

$$t = \frac{D}{5.2} - 42.5.$$

Diese Formel zeigt für die Zone von 20—50°, d. h. für 0.6 der ganzen Erdoberfläche eine sehr befriedigende Darstellung. »In der Äquatorialzone sind die berechneten Temperaturen höher als die beobachteten. Dies ist unzweifelhaft die Folge der hohen Bewölkung, die ja in niedrigen Breiten die Temperaturen herabdrückt, sowie des früher angedeuteten Einflusses [1]) der zusammengesetzten Konvektion, wodurch Wärme aus dieser Zone auf die beiden sie einschliessenden Gürtel übertragen wird, so dass die Temperaturen in der eigentlichen Äquatorialzone tiefer, in den beiden benachbarten Zonen aber höher sein müssen, als man nach den Strahlungsverhältnissen vermuten sollte. Da die Bewölkung in höhern Breiten die Ausstrahlung hindert, so wird man es diesem Umstande zuzuschreiben haben, wenn die Temperaturen jenseits des 50. Grades höher sind, als man es nach der Formel erwarten sollte.«

Die Formel giebt mithin die wirklich stattfindenden Verhältnisse mit geradezu überraschender Genauigkeit wieder.

Das Ergebnis lässt sich demnach zusammenfassen wie folgt:

»Einer Änderung von 5.2 Thermaltagen beim Übergange von einem Parallelkreise zu einem andern entspricht eine Änderung der Mitteltemperatur um 1° C.«

Ein grosser Vorzug der v. Bezoldschen Art der Darstellung liegt auch darin, dass die Gesamtstrahlung, welche einer beliebig ausgewählten Zone an dem betreffenden Tage zukommt, jederzeit durch die Fläche dargestellt wird, welche von dem zugehörigen Stücke der Kurve, der Anfangs- und Endordinate und dem dazwischen liegenden Stücke der Abscissenaxe begrenzt wird.

»Verwandelt man nun diese Flächen, sei es mit Hilfe eines Planimeters oder an der Hand der nach Sinusargumenten fortschreitenden Tabellen, durch mechanische Quadratur in Rechtecke, so geben die Vertikalseiten dieser Rechtecke die mittlern Strahlungssummen für die ganze Erde, und ähnlich verhält es sich natürlich mit allen Elementen, die sich in entsprechender Weise darstellen lassen.

Durch Anwendung dieses Verfahrens auf die unter D stehenden Zahlen der Tabelle I erhält man als mittlere Strahlungssumme im Jahre den Wert 299.3 oder rund 300 Thermaltage. Denkt man sich mithin die im Laufe eines Jahres der gesamten Erdoberfläche von

---

[1]) Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1900. p. 871.

der Sonne gelieferte Energie gleichförmig über diese Fläche verteilt, so trifft auf jedes Flächenelement so viel, wie auf ein gleich grosses Flächenelement am Äquator in 300 mittlern Äquatorialtagen. Man kann mithin auch ungemein leicht jene Breiten angeben, welche im Jahre gerade jene mittlern Strahlungssummen erhalten. Man hat nämlich nur in den Tabellen jene Stellen aufzusuchen, an denen $D = 300$ ist. Diesen Wert findet man bei $\sin \varphi = 0.6$, oder wenn man interpoliert, noch genauer bei $\sin \varphi = 0.604$, d. h. bei $\varphi = \pm 37^0\ 9'$.

Die zwischen den Parallelkreisen 37° 9′ Nord und Süd gelegenen Punkte der Erdoberfläche, bezw. der obern Grenze der Atmosphäre erhalten demnach mehr als die mittlere Strahlensumme, die polwärts von ihnen gelegenen weniger.

Aus diesem Grunde kann man die beiden Parallelen passend als die »Strahlungsnormalen« oder auch als »Mittellinien der Sonnenstrahlung« bezeichnen.

Da nun überdies die Sinusse den Oberflächen der zugehörigen Zonen proportional sind, so folgt unmittelbar, dass 0.604, d. h. rund $^6/_{10}$ oder $^3/_5$ der Erdoberfläche »mehr« und $^2/_5$ »weniger« als die mittlere Strahlensumme im Jahre von der Sonne erhalten.

In ähnlicher Weise kann man aus der nämlichen Tabelle die »Temperaturnormalen« oder die »Mittellinien der Temperaturen« entnehmen, indem man jene Breitenkreise aufsucht, die gerade die Mitteltemperatur der ganzen Erde, nämlich 15°, aufweisen.

Man findet diese auf der nördlichen Halbkugel bei $\sin \varphi = 0.62$, d. h. bei $\varphi = 38^0\ 18'$ und auf der südlichen bei $\sin \varphi = 0.57$, d. h. bei $\varphi = 35^0\ 0'$, so dass also auch wieder innerhalb eines Ringes, der 0.6 der ganzen Erdoberfläche bedeckt, Temperaturen herrschen, die über dem Durchschnitte liegen, während sie ausserhalb desselben, also auf den zusammen 0.4 der Gesamtoberfläche einnehmenden polaren Segmenten unterhalb des Mittelwertes bleiben.«

Druck von Robert Noske, Borna-Leipzig.

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XIV. Jahrgang 1903.

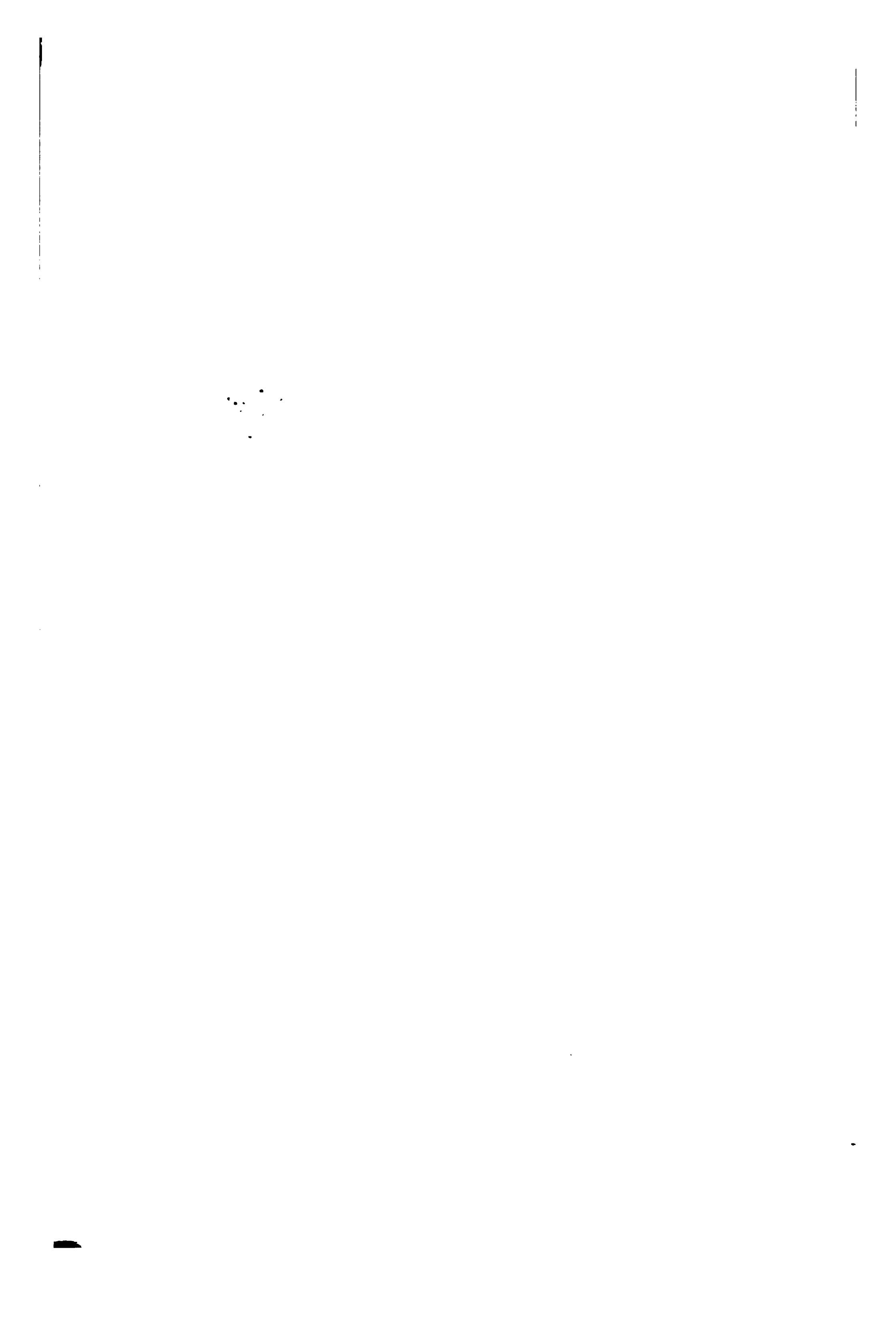
Mit sechs Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1904.



Inhaltsübersicht.

Astrophysik.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1902. Wie seit Jahren so hat Prof. Wolfer in Zürich die Verfolgung der Fleckentätigkeit auf der Sonne im Jahre 1902 zum Gegenstand seiner besondern Aufmerksamkeit gemacht. Die Ergebnisse derselben hat er unlängst veröffentlicht. Sie beruhen in der Hauptsache auf den an der Züricher Sternwarte von Prof. Wolfer und dem Assistenten Broger gemachten Beobachtungen, die sich zusammen auf 283 Tage des Jahres 1902 erstrecken. Dazu kommen achtzehn fremde Beobachtungsreihen, welche die Züricher Beobachtungen ergänzen und die Statistik zu einer alle Tage des Jahres umfassenden, lückenlosen machen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Resultate, welche Prof. Wolfer gefunden, zusammengestellt, und zwar für die einzelnen Monate. Es bezeichnet darin n die Zahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage, r die berechneten Relativzahlen der Sonnenflecken.

1902	n	m	r
Januar	31	20	5.2
Februar	28	28	0.0
März	31	17	12.4
April	30	30	0.0
Mai	31	20	2.8
Juni	30	25	1.4
Juli	31	28	0.9
August	31	22	2.3
September	30	18	7.6
Oktober	31	4	16.3
November	30	17	10.3
Dezember	31	28	1.1
Jahr	365	257	5.0

Das Jahresmittel $r = 5.0$ weist zwar gegenüber 1901 ($r = 2.7$) nur eine geringe Zunahme auf, und auch die Zahl der fleckenfreien Tage ist nur um 30 gesunken, indessen ist doch aus beiden, in Verbindung mit den in der zweiten Hälfte des Jahres beträchtlich angewachsenen Monatsmitteln

zu schließen, daß die Tätigkeit im Jahre 1902 entschieden gestiegen, das Minimum also sicher überschritten ist; die seitherigen Beobachtungen aus der ersten Hälfte von 1908 bestätigen dies. Die genaue Berechnung Prof. Wolfers läßt darin keinen Zweifel mehr übrig; jedoch tritt nicht bloß ein Minimum auf, sondern es sind deren zwei vorhanden, »das eine mit der Relativzahl 2.8 um Mitte 1901, das andere mit 2.6 Anfang 1902, beide durch ein leichtes, aber entschiedenes Ansteigen und Wiederabfallen der Zahlen in der 2. Hälfte 1901 voneinander getrennt. Diese vorübergehende Zunahme ist nun, wie die Durchsicht der in Zürich beobachteten Fleckenpositionen aus dem Jahre 1901 ergibt, zum Teil schon durch Flecken hoher Breite bewirkt, die also bereits der neu beginnenden Tätigkeitsperiode angehören. Es hat somit die abgelaufene Periode nicht erst nach dieser kleinen Zunahme ihr Ende erreicht, sondern es würde das der letztern vorangehende erste Minimum mit ebensoviel Grund wie das nachfolgende als eigentliche Minimalepoche betrachtet werden dürfen; der Unterschied von 0.2 Einheiten in den beiderseitigen Relativzahlen ist selbstverständlich viel zu gering, um irgendwelche Bedeutung für eine Wahl zwischen den beiden Teilminima zu haben, da er durch bloße Zufälligkeiten in den Beobachtungen ebenso leicht in sein Gegenteil verkehrt werden könnte. Sonach wird es das Richtige sein, beiden gleiches Gewicht zu geben und ihr Mittel als mittlere Minimumsepoche anzusehen. Da das erste Minimum auf Anfang Juni 1901 — die ausgeglichenen Relativzahlen gelten je für die Mitte des Monats — d. h. auf 1901.41, das zweite auf Mitte Januar 1902, also auf 1902.04 fällt, so folgt als Epoche des Hauptminimums 1901.7. Sie stimmt genau mit derjenigen überein, welche kürzlich Prof. Mascari aus seinen Fleckenbeobachtungen in Catania abgeleitet hat. Mit der ihr vorangehenden von 1889.6 ergibt sie eine Länge der eben abgelaufenen Periode von 12.1 Jahren, d. h. ein volles Jahr mehr als den Mittelwert 11.12 Jahre.

Die Schwankungen der Fleckenkurven während des Jahres zeigten sich auch jetzt wieder wenigstens teilweise abhängig von der Verteilung der Fleckengebiete nach heliographischer Länge in Verbindung mit der Rotation der Sonne. »Die beiden kleinen Maxima im Januar und März haben innerhalb der zugehörigen Rotationsperioden ähnliche Lage, d. h. entsprechen ungefähr der gleichen Rotationsphase, stehen aber dennoch in keiner direkten Verbindung, da das erste in der Hauptsache von einer größern Fleckengruppe der südlichen, das zweite von einer ebensolchen der nördlichen Halbkugel, aber in der Nähe des gleichen Meridians liegenden herrührt. Auch die niedere Anschwellung im Mai fällt wieder nahe auf die gleiche Rotationsphase wie die beiden ersten und stammt von einer Fleckengruppe der südlichen Halbkugel von nahe derselben heliographischen Länge wie die vorerwähnten. Es ergibt sich, daß in der Tat in der 1. Hälfte des Jahres alle Fleckenbildungen sich auf die eine Halbkugel der Sonne zwischen 0 und 180° Länge verteilten, während die gegenüberliegende gänzlich frei blieb. Vom Juli ab begann dagegen die Tätigkeit auch in dieser zu erwachen und entwickelte sich insbesondere in dem Gebiete zwischen 250 und 300° Länge, dem die 4 Erhebungen der Fleckenkurve je in der 2. Hälfte der Monate September, Oktober, November und Dezember entsprechen; sie sind durch eine Anzahl Fleckengruppen hervorgebracht, die sich annähernd um den gleichen Meridian herum, teils in der Nord-, teils in der Südhalbkugel gruppiert hatten; diejenige von Mitte Oktober dagegen entspricht einer Fleckengruppe auf der entgegengesetzten Seite der Sonne. Von der in frühern Jahren mehrfach erwähnten Verteilung der Tätigkeitsgebiete auf diametral gegenüberliegende Meridiane der Sonne scheinen auch diesmal, wenigstens für die 2. Hälfte des Jahres Andeutungen enthalten zu sein; indessen gibt das Fleckenphänomen allein, ohne die Hinzuziehung der Fackelgebiete, ein zu unvollständiges Bild von der Verteilung der gesamten Tätigkeit, als daß diese sich mit genügender Sicherheit daraus feststellen ließe.«

Die Verteilung der Flecken, Fackeln und Protuberanzen in den Jahren 1893 bis 1895. Auf der Züricher Sternwarte hat Prof. Wolfer die dort seit Jahrzehnten gepflegten Beobachtungen der Gebilde auf der Sonnenoberfläche fortgesetzt. Über diese Beobachtungen und Untersuchungen liegen zur Zeit 3 Bände vor, in welchen die Verteilung der Sonnenfleckphänomene in den Jahren 1887 bis 1895 im einzelnen dargestellt ist. Der jüngste Band[1]) behandelt die Jahre 1893 bis 1895, welche das letzte Tätigkeitsmaximum der Sonne einschließen. Prof. Wolfer hat demselben eine Einleitung voraufgeschickt, welche die Ergebnisse der Beobachtungen gemäß seinen Untersuchungen darlegt, und der das folgende entnommen ist.

Die Angaben beruhen größtenteils auf den Beobachtungen zu Zürich; zur Vervollständigung der durch bewölkten Himmel ausgefallenen Aufzeichnungen wurden solche aus Rom, Catania und Odessa benutzt. Im ganzen wurden 1893 an 328, 1894 an 340, 1895 an 336 Tagen Beobachtungen erhalten, so daß man wohl von erschöpfender Vollständigkeit derselben sprechen kann. Die Ergebnisse der Beobachtungen sind in einem Verzeichnis der berechneten Positionen der Flecken, Fackeln und Protuberanzen auf der Sonnenoberfläche mitgeteilt, dann in heliographischen Karten niedergelegt, von denen jede eine Rotationsperiode der Sonne umfaßt.

»Wie gewöhnlich,« bemerkt Prof. Wolfer, »sind unter den drei Tätigkeitssymptomen die Fackeln das auffälligste; keines der übrigen kommt ihnen an Intensität, Beständigkeit und umfangreicher Ausbreitung gleich. In manchen Rotationsperioden bilden sie zu beiden Seiten des Äquators fast ununterbrochene Zonen; immerhin ist ihre gruppenweise Anordnung auch hier, im Maximalstadium der Tätigkeit, überall unverkennbar, und es macht in den meisten Fällen keine Schwierigkeiten, in den aufeinanderfolgenden Rotationsperioden diejenigen Fackelgruppen zu bezeichnen, die der Wiederkehr desselben Tätigkeitsgebietes zuzuschreiben sind. Im allgemeinen richtet sich diese Gruppierung, wie bekannt, nach derjenigen der Fleckengruppen, die von den Fackeln begleitet werden; ein charakteristischer Unterschied liegt aber in der sehr viel größern Ausdehnung, welche die Fackelgruppen durchweg im Vergleiche zu den zugehörigen Fleckengruppen erreichen, und in der gleichmäßigern Entwicklung der einzelnen Fackeln innerhalb jeder Gruppe. Manche von diesen erscheint als ein umfangreicher zusammenhängender Komplex von gleichmäßiger Dichte, über den eine ganze Anzahl von unter sich scharf getrennten Fleckengruppen ohne irgendwelche Verbindung zerstreut sind. Daneben trifft man auch hier wieder zahlreiche Fackelgruppen, die zeitweise gar keine Flecken enthalten und dennoch durch mehrere Rotationen hindurch in nahe unveränderter Stärke bestehen bleiben, also neue Belege für die weit größere Beständigkeit der Fackeln im

[1]) Publikation der Sternwarte des Eidgen. Polytechnikums z. Zür. 1902.

Vergleiche zu den Flecken liefern. Fälle, in denen die ununterbrochene Existenz einer solchen Fackelgruppe sich durch sechs, acht und mehr Rotationen hindurch mit Sicherheit nachweisen läßt, gehören keineswegs zu den Seltenheiten.

Es ist bekannt, daß Fleckengruppen von hinreichend starker Entwicklung sich gewöhnlich längs eines Parallelkreises auf der Sonne anordnen und senkrecht zu diesem eine verhältnismäßig geringe Ausdehnung haben. Ähnliches zeigt sich zwar auch bei den Fackelgruppen, aber die Entwicklung in der Richtung der heliographischen Breite ist hier im Vergleiche zu derjenigen in Länge eine viel stärkere als dort und erreicht in vielen Fällen 20, 30 und mehr Grade. Vermutlich steht hiermit die häufig wahrzunehmende Eigentümlichkeit in Verbindung, daß bei manchen Fackelgruppen die größte Längenausdehnung nicht, wie eben bemerkt, in die Richtung des Parallels fällt, sondern gegen diesen geneigt ist, und zwar in der nördlichen Halbkugel von Südwest gegen Nordost, in der südlichen dagegen von Nordwest gegen Südost. Es liegt darin wohl nur eine einfache Konsequenz des Rotationsgesetzes der Sonnenoberfläche. Die Untersuchungen von Stratonoff [1]) über die Bewegungen der einzelnen Fackeln selbst, ebenso die von mir [2]) gefundenen Resultate hinsichtlich der Bewegung der Fackelgruppen, und die Anschauungen, zu denen P. Sidgreaves [3]) auf Grund der Sonnenbeobachtungen in Stonyhurst über die gleiche Frage gelangt ist, stimmen darin überein, daß das Rotationsgesetz sich mit geringen Abweichungen ebensowohl in den Bewegungen der Fackeln, wie in denen der Flecken zu erkennen gibt. Alsdann ist die obige Erscheinung leicht zu erklären. Die Objekte in den höhern Breiten haben einen kleinern Rotationswinkel als jene in der Nähe des Äquators; sie bleiben also nach und nach gegenüber den letztern in heliographischer Länge zurück. Eine Fackelgruppe, die im Anfange ihrer Existenz gewöhnlich einen mehr oder weniger abgerundeten Komplex von annähernd gleicher Ausdehnung in allen Richtungen bildet, wird im Laufe der Zeit vermöge der verschiedenen, in höhern Breiten kleinern, in niedern Breiten größern Rotationsgeschwindigkeit ihrer Bestandteile in die Länge gezogen, und die Richtung ihrer größten Ausdehnung neigt sich hierbei mehr und mehr vom Meridian weg gegen den Parallelkreis hin, — in der Nordhalbkugel in nordöstlichem, in der Südhalbkugel in südöstlichem Sinne — desto stärker, je länger die Fackelgruppe fortbesteht. Die Erscheinung wird um so auffallender hervortreten, je größer die Breitenausdehnung der Gruppe, und je höher die mittlere heliographische Breite der Gruppe als Ganzes ist.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3275 und 3344.
[2]) Diese Publikationen Bd. I und II.
[3]) Monthly Notices 55. p. 6.

Was die Protuberanzen betrifft, so bestätigen die heliographischen Karten auch hier wieder, wenigstens soweit es sich um die gewöhnlichen Wasserstoffprotuberanzen handelt, deren gruppenweises Auftreten, nämlich ihre Anhäufung an gewissen Stellen in Gestalt von mehr oder weniger langen Reihen, die sich meist dem Parallelkreise entlang ordnen. Daß letzteres zum Teil auf die Art der Berechnung der heliographischen Längen der Protuberanzen und die dadurch bedingte Unbestimmtheit dieser Längen zurückzuführen ist, wurde schon in der Einleitung zu Band I der »Publikationen« bemerkt. Die Ortsberechnung versetzt eine Protuberanz jederzeit an den scheinbaren Sonnenrand, obschon sie je nach ihrer Höhe auch vor und nach dieser besondern Stellung sichtbar sein kann, ohne daß der Beobachter zu erkennen vermag, wo sie wirklich steht. Die Rechnungsmethode aber schreibt ihr Tag für Tag die Länge des scheinbaren Sonnenrandes zu, die wegen der Rotation der Sonne veränderlich ist. In den Karten stellt sich deshalb auch eine einzelne isolierte Protuberanz als eine Reihe von solchen dar, die annähernd gleiche Breiten, aber sukzessive abnehmende Längen haben. Indessen steht die Längenausdehnung solcher Gruppen in den meisten Fällen nicht im Verhältnis zu den Höhen der betreffenden Protuberanzen, sondern sie ist größer, als man nach diesen zu erwarten hätte, und es ist also das Auftreten dieser Gruppen in der Hauptsache der Existenz von wirklichen Protuberanzenzügen zuzuschreiben, die sich vorwiegend den Parallelkreisen entlang anzuordnen scheinen, ähnlich wie es bei den Flecken und Fackeln wahrgenommen wird. Es zeigt sich nun, daß manche dieser Protuberanzengruppen von größerer Beständigkeit sind, als man nach dem sonstigen Verhalten dieser Gebilde, namentlich in Anbetracht der auch bei einfachen Wasserstoffprotuberanzen manchmal sehr großen Veränderlichkeit ihrer Formen, annehmen möchte, und es gibt Fälle, wo solche Gruppen sich durch mehrere Rotationen hindurch als fortbestehend nachweisen lassen. Der hier behandelte Zeitraum enthält zwei merkwürdige Beispiele dieser Art, nämlich 2 Gruppen von Wasserstoffprotuberanzen, die in sehr hohen südlichen Breiten von ca. —60 bis —70° in den Jahren 1893 und 1894 aufgetreten sind, und deren jede fast ein Jahr lang ununterbrochen fortbestanden zu haben scheint. Die erste von ihnen, in ca. —60° Breite, fiel in das Jahr 1893, und ihre Existenz läßt sich in sämtlichen Rotationsperioden nachweisen. Die zweite lag noch etwas näher am Südpol, ihre mittlere Breite betrug ca. —70°, und sie wurde während 10 Rotationen beobachtet. Die beiden Gruppen stellen eine ganz isolierte Tätigkeitsäußerung dieser Art vor, wie sie in so polarer Lage und zugleich solcher Stärke und Dauer nur selten aufzutreten scheint. Von den Hauptzonen, in denen die Protuberanzen sich sonst dichter anzusammeln pflegen, sind sie durchaus scharf geschieden, denn es liegt zwischen ihnen und diesen Hauptzonen ein etwa 20° breiter Raum, der von Protuberanzen fast

gänzlich frei ist. Man hat es vielleicht nicht als einen Zufall anzusehen, daß sie sich zeitlich gerade um das Tätigkeitsmaximum von 1894 herum gruppieren; wenigstens findet sich unter dem seit 1887 hier bearbeiteten Material kein ähnliches Beispiel. Beide stellen sich als ungewöhnlich lange Reihen von Protuberanzen dar, die zu Zeiten fast den ganzen Umfang der zugehörigen Parallelkreise bedeckten. In Wirklichkeit ist aber ihre Ausdehnung jedenfalls beträchtlich geringer gewesen; denn wegen der hohen Breite kommt hier die bereits erwähnte Unbestimmtheit der heliographischen Längen viel mehr zur Geltung, indem eine Protuberanz in der Nähe der Pole bei einigermaßen bedeutender Höhe — sie betrug in den vorliegenden Fällen im Maximum $2^1/_2'$ — lange vor und nach der Zeit ihres Überganges über den scheinbaren Sonnenrand sichtbar bleiben, und also ihre wahre heliographische Länge von jener des Sonnenrandes, die dem Orte in der Karte zugrunde liegt, weit verschieden sein kann. Da die vorhandenen Beobachtungen keine großen Lücken aufweisen, und also in jeder Rotation so ziemlich die ganze Sichtbarkeitsdauer der Protuberanzen beim Eintritte und Austritte am Ost-, bezw. Westrande der Sonne umfassen, so wird als der wirkliche Ort des Mittelpunktes jeder der beiden Gruppen etwa diejenige heliographische Länge anzunehmen sein, die der Mitte der Protuberanzreihe in der Karte entspricht. Beide Gruppen lassen nun eine Veränderung ihres Ortes in den aufeinanderfolgenden Rotationsperioden erkennen, die mit einer gewissen Regelmäßigkeit stattgefunden hat und auf eine Art eigener Bewegung hindeutet. Sie tritt besonders bei der 1. Gruppe, vom Jahre 1893, sehr deutlich zutage; es ist deshalb nur diese hier näher untersucht. Die ganze Gruppe zeigt eine starke rückläufige Bewegung, nämlich eine sukzessive Abnahme der heliographischen Länge, ähnlich wie sie für Flecken- und Fackelgruppen an zahlreichen Beispielen in den Beobachtungen von 1887 bis 1893 konstatiert worden ist.«

Diese Gruppe war übrigens schon 1892 auf der Sonne vorhanden. Prof. Wolfer hat genauer die Beziehung der Protuberanzen zu den Flecken- und Fackelgruppen während des in Rede stehenden Zeitraumes von 1893—1895 untersucht. Er findet, daß von zusammen 315 metallischen Protuberanzen, die in den vorliegenden 39 Rotationsperioden beobachtet waren, 274 d. h. fast 90 % in Fleckengruppen oder doch deren nächster Nähe lagen, 27 oder 10 % in Fackelgruppen, die keine Flecken enthielten, und nur 14 oder ca. 5 % erscheinen gänzlich unabhängig von Flecken- und Fackelbildungen. »Die wohlbekannte Erscheinung, daß metallische Protuberanzen fast immer nur an solchen Stellen des Sonnenrandes, wo gerade Fleckengruppen ein- oder austreten, gesehen werden, erhält damit auf der Grundlage vollständiger heliographischer Ortsbestimmung beider Arten von Objekten ihre volle Bestätigung; an der Richtigkeit der längst bestehenden Annahme, daß diese besondere

Art von Protuberanzen ihre Entstehung den bei der Fleckenbildung stattfindenden Prozessen verdanke, ist offenbar nicht zu zweifeln.

»Was die gewöhnlichen, der Zahl nach weit überwiegenden Wasserstoffprotuberanzen betrifft, so ist bei diesen eine ausschließliche Beschränkung auf gewisse Zonen der Sonnenoberfläche, wie sie für die übrigen Tätigkeitsprodukte gilt, nicht vorhanden; man findet sie wie immer gleichzeitig an allen möglichen Stellen bis in die unmittelbare Nähe der Pole, allerdings in sehr verschiedener Dichtigkeit. Zu den beiden andern Tätigkeitsformen, Flecken und Fackeln, stehen sie entschieden nicht in direkter örtlicher Beziehung. Wenn auch in manchen Fackelgruppen zugleich Wasserstoffprotuberanzen vorhanden sind, so liegen doch weitaus die meisten von diesen außerhalb jener, und selbst da, wo Fackeln und Protuberanzen zusammen auftreten, erhält man aus den Karten den Eindruck, daß die letztern meist in der Umgebung der erstern, an den Rändern der Fackelgruppen, und nicht in diesen selbst stehen. Gerade die umfangreichsten und dichtesten Fackelgruppen sind meist ganz frei von Protuberanzen, und umgekehrt findet man sehr starke Ansammlungen großer Protuberanzen, in denen nicht die geringsten Fackelspuren zu bemerken sind. Ganz besonders entscheidend sind in dieser Hinsicht die oben schon erwähnten Protuberanzengruppen in hohen Breiten, wo Fackelbildung nur in Spuren vorkommt, Fleckenbildung aber jederzeit gänzlich fehlt. Es kann also nur wiederholt werden, daß eine direkte nahe Beziehung der Wasserstoffprotuberanzen zu den Flecken und Fackeln nicht existiert; noch viel weniger kann an eine Identität von Fackeln und Wasserstoffprotuberanzen gedacht werden, obschon sie mehrfach behauptet worden ist und auch jetzt noch nicht aufgegeben zu sein scheint. Wasserstoffprotuberanzen sind allem Anscheine nach eine selbständige Klasse von Sonnenphänomenen, die nur dem allgemeinen periodischen Häufigkeitswechsel wie alle andern unterliegen, im übrigen aber von diesen ganz unabhängig auftreten.«

Die Beobachtungen von 1887 bis 1893 haben hinsichtlich der Verteilung der Flecken und Fackeln nach heliographischer Länge zu dem Resultate geführt, daß diese beiden Tätigkeitsformen während des genannten Zeitraumes sich im großen und ganzen dauernd um 2 Meridiane der Sonne herum anhäuften, die einander annähernd diametral gegenüberlagen, jedoch im Laufe der Zeit gemeinsame Verschiebungen in heliographischer Länge erfuhren.

Eine ähnliche vorläufige Untersuchung für die Zeit von 1893 bis 1895 ergab keine so deutliche Anhäufung wie gewisse Punkte, wenngleich doch einige Andeutung zu solchen.

Die mittlern täglichen Flächengrößen der Sonnenflecke, für jeden Grad heliographischer Breite in den Jahren 1874—1902, nach photographischen Aufnahmen auf der

Sternwarte zu Greenwich.[1] Die Flächen werden in Millionteln der sichtbaren Hemisphäre der Sonne angegeben, und zwar so, daß für jeden Grad heliographischer Breite die während des Jahres gemessenen Flächengrößen addiert und durch die Zahl der Tage dividiert wurden; dies ergab das mittlere tägliche Areal. Zunächst fand sich, daß während der genannten Periode von 29 Jahren, von 1874 bis 1902, Flecken in einer höhern Breite als 33° selten, und sehr selten groß oder langdauernd waren. Faßt man sie als besondere Klasse auf, so waren sie unregelmäßig und erschienen zuzeiten, welche keine bestimmte Beziehung zu irgend einem der 4 Hauptstadien des elfjährigen Sonnenfleckenzyklus (Minimum, Zunahme, Maximum, Abnahme) zu haben schienen. Läßt man diese Flecken in hohen Breiten (welche auf jeder Hemisphäre eine 10° breite Zone von 33° bis 42° umfassen, da in höhern Breiten als 42° keine Flecken beobachtet worden) unberücksichtigt, so zeigten die Maximumjahre 1883 und 1893 Flecken in jeder Breite zwischen 30° N und 30° S, und sie waren zwischen etwa 8 bis 24° auf beiden Hemisphären zahlreich. In den dem Maximum folgenden Jahren zeigten die Flecken eine ausgesprochene Tendenz, in niedern Breiten zu erscheinen. So war in den Perioden der Abnahme, 1885—1888 und 1898 und 1899, und in der entsprechenden Periode 1874—1876 des vorangegangenen Zyklus 22° gewöhnlich die höchste Breite. In den Jahren 1876, 1888 und 1899, also etwa ein oder 2 Jahre vor dem Minimum, wurden keine Flecke jenseits 18° vom Äquator gesehen. Aber unmittelbar nachdem das Minimum erreicht war, erstreckten sich die Flecke in der Breite weiter infolge des Auftretens solcher in hohen Breiten. So zeigte im Minimum jede Hemisphäre zwei scharf begrenzte Fleckenzonen, die voneinander durch einen breiten Gürtel ohne Flecken geschieden waren. Dies war besonders ausgesprochen in den Jahren 1889 und 1890, wo die Gegend, deren Mitte etwa 15° Breite ist, und die dem ganzen Zyklus die fruchtbarste der ganzen Sonnenoberfäche ist, vollkommen frei von Flecken war. Von diesen 2 Fleckenzonen auf jeder Hemisphäre erscheint die niedrigere der Reihe von Flecken des zu Ende gehenden Zyklus zu entsprechen. Diese Reihe war 2 Jahre vor dem Minimum beschränkt innerhalb der 18°-Grenze und scheint beim Minimum selten eine größere Breite zu erreichen als 10 oder 12°. Die Flecken mit einer Breite von 18 bis 30° oder mehr scheinen die ersten Glieder des neuen Zyklus zu sein.

Während der Perioden der Zunahme, 1879—1881 und 1890 bis 1892, war der Äquatorialgürtel fast ganz frei von Flecken, was vielleicht das vollkommene Verschwinden der letzten Glieder des alten Zyklus andeutet. Im Maximum jedoch waren die Flecken am weitesten verbreitet, und sie wurden sogar in nächster Nähe des Äquators

---

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 452.

gesehen, so daß im Maximum und in dem ersten Stadium der Abnahme, wie in 1874, 1882—1886, 1893—1897, die Äquatorialgegend ihre größte Lebhaftigkeit zeigte. Eine Vergleichung der beiden Hemisphären zeigt, daß im ganzen die südliche die fruchtbarere gewesen, daß aber die kritischen Punkte des Fortschreitens des Zyklus früher durch die nördlichen Flecken ausgesprochen waren als durch die südlichen. So hatte in den beiden Perioden der Zunahme 1881 und 1891 die nördliche Hemisphäre einen entschiedenen Vorsprung vor der südlichen, und ähnlich war in den Perioden der Abnahme das Sinken der Fleckenausdehnung 1885 und 1896 bedeutend stärker sichtbar in der nördlichen Hemisphäre.

Die Sonnenflecke und die magnetischen Schwankungen. Ch. Chree hat die zu Kew in den Jahren 1890—1900 gewonnenen magnetischen Registrierungen benutzt, um einen Vergleich derselben mit den Relativzahlen der Sonnenflecken durchzuführen.[1]) Er fand, daß die Sonnenfleckenhäufigkeit an einem bestimmten Tage kein Maßstab ist für den magnetisch stillen oder gestörten Charakter des Tages, und daß selbst die Monatsmittel der Sonnenfleckenhäufigkeit und der magnetischen Schwankung nur in losem Zusammenhange stehen. Chree meint, daß die beobachteten Erscheinungen mit der Anschauung sich vertragen, daß die gesteigerte Sonnenfleckentätigkeit und die erhöhte magnetische Aktivität auf der Erde von einer gemeinsamen aber der Sonne fremden Ursache herrühren, deren Wirkung im ganzen Sonnensysteme in demselben Augenblicke merklich variiert. Wenn aber die Quelle in der Sonne selbst liegt, muß man entweder schließen, daß die Sonnenflecke keine befriedigende quantitative Messung derselben geben, oder daß die Wirkung auf die Erde beeinflußt werde durch das, was auf der Sonne während einer beträchtlichen Zeit vor sich geht. Wenn jedoch die Quelle der täglichen magnetischen Ungleichheit elektrische Ströme sind, die durch die Tätigkeit der Sonne in der obern Atmosphäre erzeugt werden, so könnte die Ursache für die Zunahme der Amplitude der Ungleichheit zur Zeit großer Sonnenfleckenhäufigkeit irgend eine Strahlungsform sein, welche den Widerstand der Atmosphäre gegen die von der Sonne erzeugten Ströme vermindert.

Über den Zusammenhang der elfjährigen Sonnenfleckenperiode mit der Bewegung des Jupiter hat H. Kloht einige interessante Rechnungen angestellt.[2]) Man hat bis jetzt angenommen, daß die Fleckenbildung durch Einwirkung der planetarischen Anziehung auf die Sonne beeinflußt werde. Danach müßte, da Jupiter der Masse nach nahezu $^{5}/_{8}$ mal größer ist, als alle übrigen Planeten zusammen,

---

[1]) Proceed. Roy. Soc. 1903. 72. p. 22.)

[2]) Sirius 1903 p. 123.

das Maximum einer Sonnenfleckenperiode im allgemeinen mit dem Perihel, und das Minimum derselben mit dem Aphel dieses Planeten zusammenfallen. Die annähernde Übereinstimmung der Dauer einer Periode mit einem Umlaufe Jupiters spricht auch anscheinend für die Richtigkeit dieser Annahme, aber bei näherer Untersuchung findet dieselbe, was die anziehende Wirkung betrifft, doch keine Bestätigung. Dagegen ist, wie die nachstehende von Kloht berechnete Tabelle zeigt, hinsichtlich der Stellung Jupiters eine gewisse Übereinstimmung vorhanden, aber in einem der Annahme entgegengesetzten Sinne, d. h. das Maximum einer Periode fällt statt mit dem Perihel annähernd mit dem Aphel, und das Minimum statt mit dem Aphel im allgemeinen mit dem Perihel Jupiters zusammen.

In der 1. Abteilung der Tabelle, welche die Maxima und Minima der Jahre 1610—1766 umfaßt, ist diese Übereinstimmung zwar nur unvollkommen, aber in der 2. Abteilung über den Zeitraum von 1770—1902 tritt dieselbe schon mehr hervor, obwohl auch hier, und zwar besonders für einige Maxima, noch größere Abweichungen bestehen. Bei Beurteilung derselben ist jedoch zu beachten, daß die ältern Beobachtungen der Sonnenflecke lückenhaft und ungenau sind, und den aus denselben abgeleiteten Epochen der Maxima und Minima daher kein entscheidender Wert beigemessen werden kann; auch darf anderseits die Wirkung der übrigen Planeten nicht außer Betracht bleiben. In Ansehung der für eine größere Anzahl Maxima und Minima bestehenden annähernden Übereinstimmung wird daher auch trotz der vereinzelten größern Abweichungen das Vorhandensein eines parallelen Ganges zwischen den beiden Reihen nicht von der Hand gewiesen werden können.

Aus der Tabelle geht demnach hervor, daß das periodische Auftreten der Sonnenflecke hauptsächlich von der Stellung Jupiters in seiner Bahn abhängig ist, aber nicht direkt durch seine Anziehungskraft, sondern, wie Kloht glaubt, durch seinen überwiegenden Einfluß auf die Bewegung der Sonne um den gemeinsamen Schwerpunkt des Sonnensystems bedingt wird, und daß die Störungen in der Sonnenmasse bei den Perihel- und Aphelstellungen dieses Planeten im allgemeinen ihren geringsten, resp. größten Umfang erreichen, wenn sich also der Mittelpunkt der Sonne annähernd in den gleichen Punkten seiner Bahn befindet.

Das Maximum einer Periode ist demnach allgemein zu erwarten, wenn der körperliche Mittelpunkt der Sonne bei seinem Umlaufe den größten Abstand vom Schwerpunkte des Sonnensystems erreicht hat, während das Minimum ungefähr mit der größten Annäherung dieser beiden Punkte zusammenfallen wird.

Die Länge einer Periode müßte wegen der überwiegenden Masse Jupiters zwar annähernd mit einem Umlaufe dieses Planeten zusammenfallen, aber bei der geringen Exzentrizität seiner Bahn werden anscheinend durch die Einwirkung der übrigen Planeten Verfrühungen

und Verzögerungen der Maximal- und Minimalsonnentätigkeit herbeigeführt, welche je nach der Stellung der Planeten einen größern und geringern Umfang erreichen, so daß die wirkliche Länge der einzelnen Perioden doch mehr oder weniger von einem Umlaufe Jupiters abweicht. Es ist indessen nicht zu übersehen, daß die Einwirkung Jupiters auf die Sonnentätigkeit nur indirekt zur Geltung kommt, und daß auch aus diesem Grunde Ungleichmäßigkeiten in der Länge der Perioden entstehen können.

Epochen der **Maxima** der Sonnenflecke	Jupiter im Aphel	Abweichung	Epochen der **Minima** der Sonnenflecke	Jupiter im Perihel	Abweichung
			I.		
1615.0	1614.3	−0.7	1610.8	1608.3	−2.5
1626.0	1626.1	+0.1	1619.0	1620.2	+1.2
1639.5	1637.9	−1.6	1634.0	1632.0	−2.0
1655.0	1649.8	−5.2	1645.0	1643.9	−1.1
—	1661.6	—	—	1655.7	—
1675.0	1673.5	−1.5	1666.0	1667.6	+1.6
1685.5	1685.8	−0.2	1679.5	1679.4	−0.1
1693.0	1697.2	+4.2	1689.5	1691.2	+1.7
1705.0	1709.0	+4.8	1698.0	1703.1	+5.1
1717.5	1720.8	+3.3	1712.0	1714.9	+2.9
1727.5 }	1732.7	+5.2	1723.0	1726.8	+3.8
1738.5 }			1733.0	1738.6	+5.6
1750.9	1744.5	−5.5	1745.0 }	1750.5	−5.2
1761.5	1756.4	−5.1	1755.7 }		
			1766.5	1762.3	−4.2
			II.		
1770.0	1768.2	−1.8	1775.8	1774.1	−1.7
1779.5	1780.1	+0.6	1784.8	1786.0	+1.2
1788.5	1791.9	+3.4	1798.5	1797.8	−0.7
1804.0	1803.7	−0.3	1810.5	1809.7	−0.8
1816.3	1815.6	−1.2	1823.2	1821.5	−1.7
1829.5	1827.4	−2.1	1833.8	1833.4	−0.4
1837.2	1839.3	+2.1	1844.0	1845.2	+1.2
1848.9	1851.1	+2.5	1856.2	1857.0	+0.8
1860.2	1863.0	+2.8	1867.2	1868.9	+1.7
1870.6	1874.8	+4.2	1879.0	1880.7	+1.7
1884.0	1886.6	+2.6	1890.2	1892.6	+2.4
1894.0	1889.5	+4.5	1901.5	1904.4	+2.9

Über die etwaige Beziehung der Sonnenfackeln zu den Protuberanzen hat A. Mascari Untersuchungen angestellt.[1]) Dieselben beruhen auf den Aufzeichnungen über Protuberanzen und von Fackeln umgebene Fleckgruppen zu Catania, Rom und Zürich während der Jahre 1900 und 1901. Es ergab sich keine deutliche Beziehung

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 32. p. 223. Naturwiss. Rundschau 1903 p. 161.

zwischen beiden Sonnenphänomenen, ja die Anwesenheit von Protuberanzen auf Fackelgebieten ist ein sehr seltener Fall. Die Beobachtungen der beiden genannten Jahre lehrten, daß unter 642 Fackelgruppen, die in der Nähe des Sonnenrandes beobachtet wurden, und von denen jede Gruppe mit den Beobachtungen der Chromosphäre an mindestens zwei folgenden Tagen verglichen wurde, nur 34 mit Protuberanzen von mehr als 30″ Höhe bemerkt wurden, während die Protuberanzen, die an den Tagen der Fleckenbeobachtungen überhaupt gesehen wurden, die Zahl 282 erreichen. Das heißt, daß unter 282 Protuberanzen 34 sich über Fleckengruppen erhoben, und 248 von diesen unabhängig waren. Ferner wurde in 215 Fällen, also in einem Drittel der Fackelgruppen, eine unruhige oder übermäßig hohe, oder mit Strahlen besetzte Chromosphäre angetroffen, aber die Ausdehnung der Grundflächen der Protuberanzen oder gestörten Chromosphäre war stets um vieles kleiner als die der entsprechenden Fackelgruppe. Aus seiner Untersuchung des Gesamtmaterials der Beobachtungen in den Jahren 1900 und 1901 schließt Mascari: »Daß ebenso in den Gebieten der lebhaften Fackeln wie in andern Fackelgebieten die Fälle der Koinzidenz der Protuberanzen mit den Fackeln selten sind. Daß in diesem seltenen Falle des Zusammenfallens die Ausdehnung der Grundflächen der Protuberanzen oder die der unruhigen Chromosphäre längs des Sonnenrandes fast immer kleiner ist als die der entsprechenden Fackelgruppe. Daß in dem Falle, wo die Fackeln die Flecken begleiten oder umgeben, wenn eine Störung in der Chromosphäre existiert, gewöhnlich niedrige Protuberanzen oder einfache Strahlen, die aber einen eruptiven Charakter haben, auftreten. Daß die Tätigkeit der beiden Erscheinungen, Fackeln und Protuberanzen, sich in verschiedener Weise in den verschiedenen Sonnenbreiten kundgibt und ein ganz verschiedenes Verhalten hat. Daß Fälle von anhaltenden Protuberanzerscheinungen angetroffen werden ohne eine entsprechende Bildung von Fackeln und umgekehrt. Alle diese Tatsachen zusammen können in keiner Weise in Harmonie sein mit der Hypothese, welche behauptet, daß die Fackeln Wasserstoffprotuberanzen sind, die man gewöhnlich am Rande beobachtet, die aber nun auf die Scheibe projiziert sind; hingegen scheinen sie zu beweisen, daß die Fackeln und jene Protuberanzen zwei getrennte und vollkommen unabhängige Erscheinungen sind.«

Vermutete Identität von Fackeln und Protuberanzen. Im Mai 1901 beobachtete E. Tringali eine Gruppe von Sonnenflecken und Fackeln fast von ihrem ersten Auftreten am Ostrande bis zu ihrem Verschwinden am Westrande der Sonnenscheibe. Die Rückkehr dieser Gruppe wurde vom Beobachter um den 13. Juni erwartet und überwacht. An diesem Tage zeigten sich da, wo am Rande der Sonnenscheibe die Fleckengruppe auftauchen mußte, drei helle Pro-

tuberanzen und am nächsten Tage die jetzt etwas kleiner gewordene Fleckengruppe. Hierdurch wurde der Beobachter veranlaßt, nachzuforschen, ob die Protuberanzen nicht vielleicht bloße Fackeln sind, welche den Ostrand der Sonnenscheibe noch nicht erreicht, oder den Westrand eben verlassen haben. Er untersuchte, ob alle am Ostrande der Sonne sichtbaren Protuberanzen von Fackeln gefolgt wurden, und ob diese ihrerseits allen am Westrande verschwindenden Fackeln folgten. Eine Reihe von Beobachtungen aus der Zeit vom 30. Dezember bis 27. August 1902 bestätigte im allgemeinen diese Hypothese; doch kamen hin und wieder Ausnahmen vor, es erschienen und verschwanden Fackeln ohne die entsprechenden Protuberanzen und umgekehrt. Diese vereinzelten negativen Befunde widerlegen aber die Hypothese von der Identität der beiden Phänomene nicht, da sowohl ein Verlöschen oder eine Neubildung der Fackeln oder Protuberanzen zwischen den beiden korrespondierenden Beobachtungen, als auch ein Verschwinden der Fackeln am Ostrande oder der Protuberanzen am Westrande eintreten kann. Tringali glaubt, durch seine auf dem Observatorium des Collegio Romano ausgeführten Beobachtungen die vermutete Identität zwischen Fackeln und Protuberanzen, welche sich somit nur durch ihre verschiedene Stellung unterscheiden, erwiesen zu haben.[1]) Dieser Zusammenhang ist übrigens so naheliegend, daß jeder, der sich mit Sonnenbeobachtungen befaßt, wohl von selbst darauf verfällt. In der Tat haben schon frühere Beobachter wiederholt darauf hingewiesen und die Identität der Fackeln und Protuberanzen behauptet. Am nachdrücklichsten ist dies bereits vor 30 Jahren von Prof. Spörer geschehen, der direkt aussprach, die flammigen Protuberanzen und die Sonnenfackeln seien identische Erscheinungen.[2]) Tringali hat also durch seine oben erwähnte Untersuchung nur eine Bestätigung der Spörerschen Entdeckung geliefert.

Über eine Beziehung zwischen den Sonnenprotuberanzen und dem Erdmagnetismus verbreiteten sich die beiden Lockyer. In einer frühern Abhandlung[3]) wurde konstatiert, daß bei einer vorläufigen Reduktion der Beobachtungen der Sonnenprotuberanzen von Tacchini in Rom sich herausstellt, daß außer den großen Epochen der Maxima und Minima der Protuberanzen, welche der Zeit nach mit den Maximis und Minimis der totalen von Sonnenflecken bedeckten Fläche übereinstimmen, noch deutliche sekundäre Maxima und Minima vorhanden sind.

---

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 1902. 31. p. 184—190.

[2]) Monatsberichte der Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1871 p. 666; Astron. Nachr. Nr. 1870.

[3]) Meteorol. Zeitschr., Sept. 1902 p. 428.

Einer von uns (sagen die Verfasser) hat in einer vor kurzem erschienenen Mitteilung an die Académie des Sciences[1]) darauf hingewiesen, daß ein Vergleich der Häufigkeit wahrnehmbarer Protuberanzen in jeder Sonnenbreite mit der Häufigkeit sehr heftiger magnetischer Stürme besagt: 1. daß magnetische Stürme, welche nach Ellis als »groß« bezeichnet werden, gleichzeitig mit der größten Protuberanzentätigkeit an den Polen der Sonne, auftreten; 2. daß die Kurve allgemeiner magnetischer Tätigkeit nahezu gleich ist jener der Protuberanzen, welche in der Nähe des Sonnenäquators beobachtet werden.

In der vorliegenden Mitteilung sollen die detaillierten Angaben der Untersuchung, soweit sie vorgeschritten ist, wiedergegeben werden.

Die Beobachtungen der Protuberanzen. Die gute Beobachtungsreihe von Tacchini,[2]) bezüglich der Zahl und Breite der Protuberanzen auf der Sonnenscheibe diente als Grundlage für die Untersuchung der Kurven. Diese Beobachtungen begannen im Jahre 1872 und sind bis heute fortgeführt worden, so daß wir wertvolle kontinuierliche Aufzeichnungen haben. Sie wurden von Zeit zu Zeit in allen Details publiziert, wodurch es möglich geworden ist, dieselben in jeder gewünschten Weise zu verwerten. Bei der Reduktion der Beobachtungen wurde jede Zone von 10° untersucht und für sich diskutiert. Die Beobachtungen wurden zuerst in Gruppen von 3 Monaten geteilt und die Häufigkeit der Protuberanzen dadurch bestimmt, daß die beobachtete Anzahl derselben durch die Anzahl der Tage dividiert wurde, an welchen während dieser Periode Beobachtungen gemacht worden waren.

Auf diese Weise wurde eine Reihe von 18 Kurven konstruiert, neun für jede Hemisphäre, welche Jahr für Jahr die Variation der Häufigkeit der Protuberanzentätigkeit in jeder 10° umfassenden Zone zeigen.

Die Untersuchung dieser Kurven zeigt, daß sie sich sehr bedeutend voneinander unterscheiden, wenn man von den Äquatorial- zu den Polarzonen übergeht. Im allgemeinen stimmt die Variation für jede Zone von 0—20° nördl. und südl. Br. mit der Sonnenfleckenkurve überein, d. h. die Maxima und Minima treten ungefähr zu denselben Zeiten auf wie die Sonnenfleckenmaxima und -minima. Jene für die 2 Zonen von 20—40° in beiden Hemisphären stimmen im großen und ganzen ebenfalls mit der allgemeinen Sonnenfleckenkurve überein, außerdem zeigen sie jedoch sekundäre Maxima oder Änderungen der Krümmung, welche die Hauptkurve überlagern.

Die Kurven für die beiden Zonen von 40—60° nördl. und südl. Br. haben dagegen kaum eine Ähnlichkeit mit der Sonnenfleckenkurve, sondern sind aus Reihen hervorragender Maxima zusammen-

---

[1]) Compt. rend. 135. Nr. 8 25. August 1902.

[2]) Società degli Spettroscopisti Italiani 1872. 1. 1900. 29.

gesetzt, welche ein besonders starkes Auftreten der Protuberanzentätigkeit darstellen.

Die Kurven für die beiden Zonen von 60—80° nördl. und südl. Br. zeigen für kurze Zeit zwei hervorragende Ausbruchsperioden, diese Region der Sonne ist also im allgemeinen nahezu frei von der Protuberanzentätigkeit; in den übrigbleibenden Zonen von 80 bis 90° nördl. und südl. Br. ist die Variation gering und ein schwaches Abbild des Zustandes in der benachbarten Zone von 60—80°.

Die magnetischen Kurven. Die Daten bezüglich der magnetischen Phänomene, welche bei diesem Vergleiche herangezogen wurden, sind von Ellis zusammengestellt und in 2 Abhandlungen über magnetische Phänomene publiziert worden.[1])

Es werden dort 2 Klassen von magnetischen Phänomenen behandelt: die Variation des täglichen Ganges der Deklination und Horizontalintensität von Jahr zu Jahr und die magnetischen Störungen.

Was erstere betrifft, so hat Ellis gezeigt,[2]) daß die Kurven, welche diese Änderungen darstellen, sehr ähnlich sind der allgemeinen Kurve der Sonnenflecken; in der Tat ergab sich, daß die Kurven in all ihren kleinen Unregelmäßigkeiten nahezu identisch sind.

Die 2. Klasse von Phänomenen, die magnetischen Störungen, welche in ihrem Auftreten unregelmäßiger sind, wurde von Ellis in 5 Gruppen geteilt und von ihm in fünf getrennte Abteilungen eingereiht. In der vorliegenden Arbeit soll nur die eine dieser Klassen in Betracht gezogen werden, nämlich jene, welche mit »groß« bezeichnet ist und die größten Störungen enthält. Die Kurve, welche die Variation in der Zahl dieser Störungen angibt, zeigt kurze, intermittierende Zacken, wirkliche Ausbrüche, mit raschem Anstiege zum Maximum und Abfall zum Minimum und verhältnismäßig langen Intervallen von Ruhe.

Vergleich der Kurven der Häufigkeit der Protuberanzen und der Variation der täglichen Schwankung des Erdmagnetismus. Ellis hat, wie bereits bemerkt wurde, auf die große Ähnlichkeit zwischen der Sonnenfleckenkurve und jener, welche die Variation der magnetischen Elemente darstellt, aufmerksam gemacht; oben ist gezeigt worden, daß die Kurven, welche die Häufigkeit der Protuberanzen in der Nähe des Sonnenäquators wiedergeben, im allgemeinen mit der Sonnenfleckenkurve übereinstimmen.

Also besteht offenbar ein Zusammenhang zwischen den Phänomenen, welche in den Äquatorialregionen der Sonne auftreten (welche

---

[1]) Phil. Trans. 1846. Part II. »On the Relation between the Diurnal Range of Magnetic Declination and Horizontal Force, as observed at the Royal Observatory, Greenwich, during the years 1841 to 1877, and the Period of Solar Spot Frequency«; Monthly Notices, R. A. S., Dezember 1899, 60. Nr. 2. »On the Relation between Magnetic Disturbance and the Period of Solar Spot Frequency«.

[2]) Phil. Trans. 1880. Part. II.

durch die Protuberanzenzonen in der Nähe des Äquators und durch die Sonnenflecken charakterisiert sind, welche im allgemeinen auf diese Zonen beschränkt sind) und der gewöhnlichen täglichen Schwankung der magnetischen Elemente.

Vergleich der Kurven für die Protuberanzen mit jenen der magnetischen Störungen. Wenn man die Kurve, welche die Anzahl der Tage mit »großen« magnetischen Störungen darstellt, mit jenen für die Häufigkeit der Protuberanzen vergleicht, so sieht man, daß erstere ebenso unähnlich ist den Kurven, welche die Häufigkeit der Protuberanzen in der Nähe des Sonnenäquators darstellen, wie sie jenen in der Nähe der Pole ähnlich ist. In der Tat treten Protuberanzenausbrüche an den Polen fast gleichzeitig mit großen magnetischen Störungen auf.

Das gleichzeitige Auftreten der Maxima deutet darauf hin, daß eine Einwirkung auf die Erde darin besteht, daß sehr große magnetische Störungen auftreten, wenn das Auftreten der Protuberanzen in den Polarregionen der Sonne stattfindet.

Ferner sind nach Ellis [1]) »ungewöhnliche magnetische Störungen zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima häufig, während sie zur Zeit der Sonnenfleckenminima nahezu ganz fehlen.«

Wir finden, daß nicht nur diese »großen« Störungen zu derselben Zeit auftreten wie die Protuberanzen am Pol, die spektroskopischen Beobachtungen der Sonnenflecken zeigen auch, daß sie nicht nur zur Zeit des Fleckenmaximums auftreten, wie Ellis festgestellt, sondern auch wenn die Sonnenfleckenkurve sich einem Maximum nähert und zur Zeit der Kreuzung der »verbreiterten« Linien, [2]) wenn die Kurve für die »unbekannten« Linien im Ansteigen begriffen ist und die absteigende für die »bekannten« Linien kreuzt. Bei der andern Epoche der Kreuzung, d. i. wenn die Kurve für die »bekannten« Linien ansteigt. und jene für die »unbekannten« fällt, sind nahezu keine magnetischen Störungen vorhanden. Es wird die Aufmerksamkeit wieder auf diese Kreuzungen gerichtet, um zu zeigen, daß diese Störungen nur zu jenen Zeiten auftreten, wenn die Temperatur der Sonne in Zunahme begriffen ist.

Die erwähnten Umstände geben eine Erklärung, warum manchmal magnetische Stürme auftreten, wenn keine oder nicht sehr große Flecken auf der Sonnenoberfläche vorhanden sind. Da das Auftreten von magnetischen Stürmen in engem Zusammenhange steht mit den Sonnenprotuberanzen, können Protuberanzen und magnetische Stürme vorhanden sein, wenn auch keine Sonnenflecken vorhanden sind. Protuberanzen können auch manchmal gleichzeitig mit großen Sonnenflecken auftreten, und da die letztern beobachtet werden können, während dies bei den erstern nicht der Fall ist, wird der davon

[1]) Monthly Notices. 60. p. 148.
[2]) Proceed. Roy. Soc. 67. p. 412.

herrührende magnetische Sturm im allgemeinen den Flecken zugeschrieben.

Ferner scheint die Intensität der magnetischen Stürme mit der Breite der Protuberanzen auf der Sonnenscheibe sich zu ändern. Je näher dem Pol die Protuberanz auftritt, umso heftiger ist der magnetische Sturm; dies sind jedoch die Regionen, in welchen Flecken nicht vorhanden sind.

Wir haben im vorausgehenden gezeigt, daß die Variationen der allgemeinen magnetischen Erscheinungen, wie sie durch Ellis gegeben werden, mit dem Auftreten von Protuberanzen am Sonnenäquator zusammenfallen, während die »großen« magnetischen Störungen der Zeit nach mit dem Auftreten von Protuberanzen in den Polarregionen der Sonne zusammenfallen.

Prof. Bigelow hat vor kurzem [1]) die Variationen der magnetischen Horizontalintensität untersucht und findet, daß die Kurve, welche diese Änderungen darstellt, sekundäre Maxima zeigt, welche zusammenfallen mit jenen, welche in der Kurve auftreten, welche die mittlere Variation der Protuberanzen für alle Breiten wiedergibt. So kann, nach seinen Worten, »der auffallende Synchronismus zwischen den Kurven nicht verborgen bleiben, außer nach dem Jahre 1894, wo ein besonders kleines Maximum in der Horizontalintensität ausgebildet ist«.

Die spektroskopischen Ergebnisse der Beobachtungen der Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 sind von J. Evershed zusammengestellt worden.[2])

Im allgemeinen wurden die aus den Beobachtungen 1898 abgeleiteten Schlüsse bestätigt. Es ergab sich, daß während der Totasität jede starke Linie des normalen Sonnenspektrums, welche die Intensität sieben von Rowland übersteigt, als helle Linie erscheint; ferner fällt die große Mehrzahl der hellen Linien des Flashspektrums, mit Ausnahme der Wasserstoff- und Heliumlinien mit dunklen Linien von der Intensität nicht unter drei zusammen. Die meisten hellen Bogen des Flashspektrums sind scharfe, schmale Linien, die beträchtliche Genauigkeit der Messungen gestatten, und die jetzigen Bestimmungen der Wellenlängen deuten an, daß das Zusammenfallen der hellen Linien mit den dunklen für alle gut bestimmten Linien bis auf 0,5 μ (Zehnmilliontel Millimeter) genau ist. Bezüglich der relativen Intensitäten der Linien eines Elements in den Flash- und Fraunhoferschen Spektren müssen die frühern Resultate wie folgt modifiziert und erweitert werden: Die relativen Intensitäten einzelner Linien eines Elements im Flashspektrum sind allgemein, aber nicht ganz genau, in Übereinstimmung mit denen desselben Elements im

[1]) Monthly Weather Review 30. Nr. 7. p. 352.

[2]) Proceed. Roy. Soc. 1903. 71. p. 228.

Sonnenspektrum, und diejenigen Linien, welche im Flash ausnahmsweise stark sind, sind meist Linien, welche im Funkenspektrum des Elements verstärkt auftreten. Alle hervorragenden, verstärkten Linien des Eisens und Titans, die Norman Lockyer bestimmt hatte, findet man mit starken Linien im Flash zusammenfallend, aber wegen der zusammengesetzten Natur einiger dieser Linien ist es nicht sicher, daß alle abnorme Intensitäten im Flash haben. Es ist kein Beweis dafür vorhanden, daß die relativen Intensitäten eines Elementes in den höhern und niedrigern Gebieten der umkehrenden Schicht verschieden sind. Die verstärkten Linien scheinen in der ganzen Tiefe der strahlenden Schicht vorzuherrschen, sie sind gleich ausgeprägt in den Polargegenden wie in niedern Breiten, und das Flashspektrum erweist sich als dasselbe in allen Breiten, es zeigt keine wesentliche Änderung nach einem Intervall von 5 Jahren.

Die ganze Chromosphäre besteht nach der Annahme von Evershed aus zahllosen kleinen Eruptionen oder Strahlen von hoch erhitzten Gasen, ähnlich den sogenannten metallischen Protuberanzen, welche nur die ausgesprochenern Bestätigungen derselben eruptiven Agenzien sind.

Als Beweis hierfür weist er auf die charakteristischen Eigenschaften der Chromosphäre und die detaillierte Struktur vieler Fraunhoferschen Linien hin, welche breite Emissionslinien zeigen, die unter den schmalen Absorptionslinien liegen. Diese schlecht begrenzten, hellen Linien des normalen Sonnenspektrums sind nach Violett verschoben und deuten ein heftiges Aufsteigen der heißern Gase an, während die schmalen Absorptionslinien fast in ihren normalen Stellungen sind und ein langsames und gleichmäßiges Niedersinken der absorbierenden Gase anzuzeigen scheinen.

Evershed kommt zu dem Schlusse, daß das Flashspektrum die Emission der aufsteigenden und niedersinkenden Gase repräsentiert, während das Fraunhofersche Spektrum nur die Absorption der absteigenden Gase darstellt.

Die neuen Gase, Neon, Argon, Krypton und Xenon, in der Chromosphäre. S. A. Mitchell hat[1]) bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 auf Sumatra das Spektrum der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre (das sogenannte Flashspektrum) mit einem Apparat, der ein Rowlandsches Gitter und eine Quarzlinse besitzt, photographiert. Das Spektrum, welches erhalten wurde, zählt nicht weniger als 374 Linien, die gemessen wurden zwischen F und H. Die Vergleichung der Intensitäten und der Zahl der den verschiedenen Elementen zugehörigen Linien im Flash- und im normalen Sonnenspektrum führt Prof. Mitchell zu einer Dreiteilung derselben in 1. Linien, die in beiden Spektren stark sind, 2. die stark

[1]) Astrophysical Journal 1903. 17. Nr. 3 p. 224.

im Flash- und schwach im Sonnenspektrum sind, und 3. solche, die schwach im Flash- und stark im Sonnenspektrum erscheinen. Zur 2. Gruppe gehören die Elemente: Wasserstoff, Helium, Skandium, Titan, Vanadin, Chrom, Mangan, Strontium, Yttrium und Zirkonium. Infolge seiner geringen Dichtigkeit steigt das Helium bis zu beträchtlicher Höhe über die Sonnenoberfläche, und infolgedessen sind weiterhin die Heliumlinien im Flashspektrum sehr hervortretend. Man kann nun die Linien des Neon und Argon im Flashspektrum ebenfalls erwarten, aber diejenigen der weniger flüchtigen Gase Krypton und Xenon wahrscheinlich nicht. Im gewöhnlichen Sonnenspektrum ist keines dieser Gase durch seine Linien nachweisbar, aber die genaue Vergleichung ihrer Spektra mit den Aufnahmen des Flashspektrums der Sumatra-Expedition hat Prof. Mitchell zu der Überzeugung geführt, daß gewisse Linien dieser neuen Gase tatsächlich in der Sonnenatmosphäre sichtbar werden. Bezüglich des Neon und Argon kommt er zu dem Ergebnis, daß sie unzweifelhaft in der Chromosphäre vorhanden sind, für Krypton und Argon hält er solches noch nicht sicher erwiesen. Der Nachweis dieser Gase auf der Sonne und die unzweifelhafte Gegenwart von freiem Wasserstoff in der Erdatmosphäre hat eine überaus große Wichtigkeit für die kosmische Physik. Nach Liveing in Dewar kann die Erde weder Wasserstoff zurückbehalten, noch erzeugen, daher muß ein fortwährendes Zuströmen desselben aus dem Weltraume in die Atmosphäre stattfinden, und ein ähnlicher Zufluß bezüglich der andern Gase ist nicht abzuweisen.[1]) Sie spielen eine bedeutende Rolle in den Polarlichtern, den kosmischen Nebelflecken und der Korona, doch hält Mitchell dies bezüglich der Polarlichter für Krypton und Xenon noch nicht erwiesen. Helium und Neon können nach seiner Meinung ihren Ursprung auf der Erde haben, allein für den freien Wasserstoff unserer Atmosphäre ist solches nicht annehmbar, vielmehr meint Mitchell, in Übereinstimmung mit Arrhenius, daß dieser mit kleinen ionisierten Partikelchen von der Sonne zur Erde herabkommt.

Die periodischen Veränderungen der Sonnenkorona. Das Aussehen der Korona zeigte sich bei den verschiedenen Sonnenfinsternissen sehr verschieden, doch ist auf die ältern Zeichnungen etwa aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nur wenig oder kein Gewicht zu legen, da man damals der Korona nicht diejenige Aufmerksamkeit schenkte, welche sie beanspruchen darf. Ranyard hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß das Aussehen der Korona um die Epochen der größten Fleckentätigkeit der Sonne typisch von demjenigen verschieden sei, welches sie zeigt, wenn die Sonnenflecke nahe dem Minimum ihrer Anzahl sind,[2]) und begrün-

---

[1]) Proceed. Roy. Soc. 1900. 67. p. 468.
[2]) Memoirs of the Roy. Astron. Soc. 41.

dete diesen Schluß auf die Beobachtungen und Zeichnungen der Korona während der Finsternisse von 1715—1878. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Hansky in seinem Berichte über die Ergebnisse der russischen Sonnenfinsternis-Expedition 1896 nach Nowaja Semlja. Jetzt hat K. D. Naegamvala, Direktor der Sternwarte zu Poona in Indien, die Frage behandelt[1]) und kommt zu dem Ergebnis, daß es verschiedene Typen der Sonnenkorona gibt, und daß deren Aussehen nicht lediglich mit der Epoche der Maxima und Minima der Sonnenflecke wechsele, sondern mehr noch den dazwischen liegenden Zeiten entspreche, in denen die Fleckenkurve ihre mittlere Höhe hat und von dieser entweder steigt oder fällt. Der Astronom von Poona hat das Aussehen der Korona bei 21 totalen Sonnenfinsternissen von 1860—1898, wie es in Zeichnungen und Photographien enthalten ist, zusammengestellt. Auf mehrern Tafeln zeigt er die Korona geordnet nach der Häufigkeit der Sonnenflecke gemäß den Tabellen von Wolf und den mittlern jährlichen und monatlichen Häufigkeitszahlen. Die regelmäßigste Entwicklung des Aussehens der Korona zeigt die Aneinanderreihung der Zeichnungen derselben von der größten absoluten monatlichen Fleckenhäufigkeit bis zur geringsten. Man erkennt in dieser systematischen Nebeneinanderreihung der Gestalten der Sonnenkorona tatsächlich typische Verschiedenheiten. Vor allem sind die Koronen bei sehr niedrigem Fleckenstande, 1889.97, 1867.66, 1889.00 und 1878.57 untereinander sehr ähnlich, aber durchaus verschieden von den übrigen mit Ausnahme der Korona von 1880.03, bei der aber auch der Fleckenstand der Sonne gering war. Um die Zeit der geringsten Fleckenhäufigkeit zeigt die Korona hauptsächlich zwei breite Lichtstrahlen parallel zur Ebene ihres Äquators, aber keine Strahlen an den Polen, während um die Epoche der Fleckenmaxima herum am ganzen Umkreise der Sonnenscheibe Lichtstrahlen emporschießen. Die auffälligsten Formen aber zeigen sich in den Zeiten eines gewissen mittlern Fleckenstandes. Freilich darf man nicht allzuviel Gewicht auf die Einzelheiten legen, denn die frühern Photographien der Korona sind zum Teil mangelhaft, und erst mit Einführung der Trockenplatten ist ein wirklicher Vorzug der photographischen vor der zeichnerischen Reproduktion der Sonnenkorona zuzugeben. Dazu kommt, daß in der Nähe der Sonne Kometen zirkulieren können, deren Schweife sich mit den Koronastrahlen im Bilde vermischen, wie es wahrscheinlich bei der Sonnenfinsternis am 21. Dezbr. 1889 wirklich der Fall gewesen ist. Immerhin muß man zugeben, daß die Tätigkeit der Sonne, welche sich in dem elfjährigen Fleckenzyklus offenbart, auch im Aussehen der Korona zutage tritt, wenngleich die Ursache dieser Verschiedenheiten noch völlig dunkel ist.

---

[1]) Publications of the Maharaja Takhtasingji Observatory, Poona. 1. p. 57.

Über den wahrscheinlichsten Wert der Sonnenparallaxe auf Grund der bis jetzt bekannten Bestimmungen derselben hat Boris Weinberg in Odessa eine bemerkenswerte Studie veröffentlicht.[1] Er stellt 117 Bestimmungen der verschiedensten Art zusammen und leitet deren Gewicht im einzelnen nach einem besondern Rechnungsverfahren ab. Auf diesem Wege erhielt er für die verschiedenen Methoden, die Sonnenparallaxe zu berechnen, folgende Mittelwerte:

Methode	Parallaxe
Oppositionsbeobachtungen des Mars	8."8589
Meridianbeobachtungen der Venus	8.9485
Durchgangsbeobachtungen der Venus	8.7816
Bestimmungen der Distanzen der Centra der Sonne und der Venus bei ihren Durchgängen	8.8604
Oppositionsbeobachtungen von Asteroiden	8.8032
Masse der Erde	8.7591
Koeffizient der lunaren Ungleichheit der Erdbewegung .	8.8469
Koeffizient der parallaktischen Ungleichheit der Mondbewegung	8.8026
Dichte der Venus	9.68
Generalmittel	8.8022

Der Verfasser stellt nun dieses Generalmittel mit den Mittelwerten anderer Forscher zusammen, wie folgende Tabelle zeigt.

Autoren und Literaturangaben	Parallaxe
Newcomb, 1867	8."848
Powalky, 1872; Astr. Nachr., 80, 97—112 . . .	8.77
Stone, 1878; Month. Not., 38, 279—295	8.897
Faye, 1881	8.825
Harkness, 1881; Amer. Journ. of Sc., 22, 375—394	8.85
Harkness, 1891	8.8185
Newcomb, 1895	8.7959
Gill, 1897	8.8021
Weinberg, 1901	8.8008

Als Endresultat seiner Untersuchung findet er schließlich als wahrscheinlichsten Wert der Sonnenparallaxe $\pi = 8.8004'' \pm 0.002\,43''$.

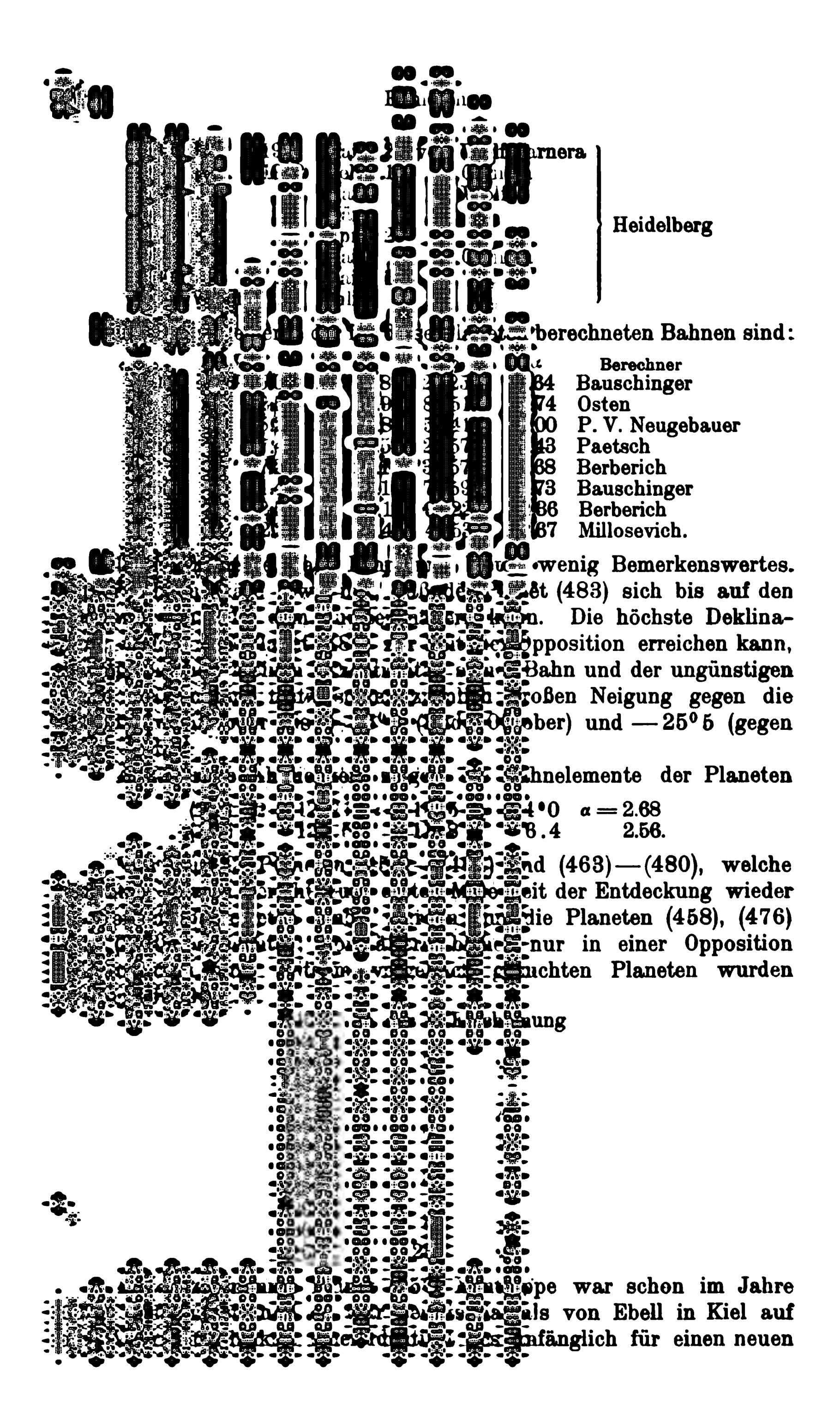
Planeten.

Planetoidenentdeckungen im Jahre 1902. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[2] sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte als neu entdeckt eingereiht worden:

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3866.

[2]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Ges. 1903. 38. p. 59.



rnera

Heidelberg

berechneten Bahnen sind:

	Berechner
84	Bauschinger
74	Osten
00	P. V. Neugebauer
43	Paetsch
68	Berberich
73	Bauschinger
36	Berberich
67	Millosevich.

wenig Bemerkenswertes.
t (483) sich bis auf den
n. Die höchste Deklina-
pposition erreichen kann,
Bahn und der ungünstigen
roßen Neigung gegen die
ober) und — 25° 5 (gegen

hnelemente der Planeten

4°0 $a = 2.68$
8.4 2.56.

nd (463) — (480), welche
eit der Entdeckung wieder
die Planeten (458), (476)
nur in einer Opposition
uchten Planeten wurden

ung

pe war schon im Jahre
als von Ebell in Kiel auf
nfänglich für einen neuen

gehaltenen Planeten mit (156) hingewiesen worden, doch führten jene ersten Untersuchungen noch zu keinem sichern Abschluß, wie er seitdem nach der erneuten Beobachtung im Jahre 1902 ermöglicht wurde.

In der 3 Opposition wurden die seit 11, bezw. 8 Jahren nicht wiedergefundenen Planeten (289) und (300) beobachtet.

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1902 neu entdeckten, beträgt gegenwärtig (Ende Februar 1903) 72.

Von den in frühern Berichten noch nicht mit Namen versehenen Planeten sind nunmehr die folgenden benannt worden: (472) Roma, (475) Ocllo, (477) Italia und (478) Tergeste.

Die Neigungen der Rotationsachsen der Planeten gegen ihre Bahnebenen spielen in der Kosmogonie bekanntlich eine große Rolle, und ihre Erklärung bietet Schwierigkeiten. Prof. W. H. Pickering gibt neuerdings in letzterer Beziehung einige interessante Erörterungen, welche eine Erklärung der Erscheinung bieten.[1]) Man denke sich einen abgeplatteten Rotationskörper, ein Sphäroid, das eine Bahn um die Sonne beschreibt und stets einem Sterne die gleiche Seite zuwendet. Wenn dieses Sphäroid mit einer tiefen Flüssigkeitsschicht bedeckt ist, so wird eine jährliche Flut entstehen, und diese mit der Zeit das Sphäroid zwingen, sich um seine Achse so zu drehen, daß es stets der Sonne die nämliche Seite zuwendet. Nehmen wir jetzt an, dieses Sphäroid habe ursprünglich eine Rotation um seine kleine Achse besessen, und diese liege in der Ebene seiner Bahn, wie solches nahezu beim Planeten Uranus der Fall ist. In diesem Falle finden 2 Rotationen statt, unabhängig voneinander und um die beiden senkrecht zueinander stehenden Achsen. Daraus resultiert, wie man am Gyroskop zeigen kann, eine Tendenz der kleinen Achse, aus der Bahnebene herauszutreten, und zwar derart, daß die Ebene des Äquators des Planeten sich seiner Bahnebene nähert, so daß Rotation und Umlauf sich in derselben Richtung vollziehen. Als gemäß der Laplaceschen Weltbildungstheorie sich von dem Urnebel Ringe ablösten und die Planeten bildeten, mußten diese in retrogradem Sinne rotieren. Infolge der oben erwähnten Flutwirkung mußte aber die Ebene, in der ihre Rotation stattfand, sich stufenweise drehen, derart, daß sie ursprünglich der Ebene der Ringe parallel, später senkrecht dazu stand und schließlich wiederum parallel zu derselben wurde, aber jetzt mit Rotation in rechtläufiger Richtung. Man findet eine fortschreitende Änderung dieser Ebenen bei den Bahnen der Monde der vier großen Planeten. So ist beim Neptun der Winkel, den beide Bahnebenen miteinander machen, etwa 145°, für Uranus beträgt er 98°, für Saturn (bei den innern

---

[1]) Astron. Journ. 1902.

Satelliten) 27° und für Jupiter 2°. Auch bei den innern Planeten findet dasselbe statt. Für Mars ist der besagte Winkel 25°, für die Erde 23°, für Venus ist er unbekannt, und bezüglich des Merkur darf man nach den Zeichnungen seiner Oberfläche zu Mailand, Arequipa und Flagstaff annehmen, daß er kleiner ist.

Die Rotationsdauer der Venus. Prof. Schiaparelli hat im Jahre 1890 als Ergebnis seiner eigenen Beobachtungen und auf Grund einer eingehenden Diskussion des bis dahin vorliegenden fremden Materials die Überzeugung ausgesprochen, daß der Planet Venus sich wahrscheinlich in der gleichen Zeitdauer um seine Achse dreht, in welcher er seinen siderischen Umlauf um die Sonne vollführt, also in 224.7 Tagen. Bis dahin galt als wahrscheinlich, daß die Umdrehungsdauer der Venus nahe 24 Stunden betrage. Das Resultat von Schiaparelli entspricht auch den Beobachtungen, welche Perrotin in Nizza an dem dortigen großen Refraktor angestellt hat, aber andere Beobachter wollten Flecke auf der Venusscheibe gesehen haben, deren Bewegung auf 24stündige Rotation deutete. Belopolsky hat vor einigen Jahren versucht, die Frage spektroskopisch durch Feststellung der Linienverschiebung im Spektrum der Venus zu beantworten, und kam zu dem Ergebnis, daß eine 24stündige Rotation am wahrscheinlichsten sei. Denselben Weg hat im Jahre 1902 A. Lowell auf seinem Observatorium in Flagstaff beschritten. Er bediente sich dabei eines neuen Spektrographen, der mit dem 24-zolligen Refraktor verbunden wurde, und dessen Dispersion sogar die des Millsspektrographen der Lickstern warte übertrifft. Nach einer Anzahl von Vorversuchen an Fixsternen, um deren Eigenbewegung in der Gesichtslinie und damit auch die Leistungen des Spektographen zu ermitteln, begannen die Aufnahmen der Venus im November 1902. Von da bis Ende März 1903 wurden 65 Spektrogramme des Planeten erhalten. Die Vermessung der darin sichtbaren Linien ergab keine Andeutung zugunsten einer 24stündigen Rotationsdauer der Venus, wohl aber für die Annahme der Übereinstimmung von Rotation und Umlaufsdauer dieses Planeten. Im Mittel fand sich, wenn der Spalt des Spektroskops parallel der Lichtlinie auf der Venus stand, als Rotationsgeschwindigkeit + 0.015 *km* pro Sekunde. Würde die Rotationsdauer 24 Stunden betragen, so würde die Geschwindigkeit 0.45 *km* in der Sekunde sein, bei einer Umdrehungsdauer von 225 Tagen dagegen 0.02 *km*.

Die Beobachtungen des Mars in den Jahren 1896 und 1897 auf der Lowellsternwarte zu Flagstaff und zu Tacubaya. Im Winter 1893 faßte Percival Lowell den Entschluß, während der nächsten Oppositionen des Mars diesen Planeten an einem sehr mächtigen Fernrohre unter möglichst günstigen atmosphärischen Verhältnissen ausdauernd zu beobachten. In Ausführung

des Planes wurde bei Flagstaff in Arizona (35° 11′ nördl. Br., 111° 40′ westl. L. v. Gr.) 2200 *m* über dem Meeresspiegel ein provisorisches Observatorium errichtet und mit einem Refraktor von 18 Zoll Objektivdurchmesser ausgestattet. Diese Beobachtungen über den Mars während der Opposition 1894 bis 1895, an welchen sich Prof. W. H. Pickering und A. E. Douglass beteiligten, lieferten eine große Menge wichtiger und interessanter Tatsachen, welche P. Lowell im 1. Bande der Annalen des Lowellobservatory mitteilte, und über die früher an dieser Stelle näheres berichtet ist. Die Opposition des Mars 1896 bis 1897 bot Gelegenheit die Beobachtungen der vorhergehenden zn vertiefen und in manchem Punkte zu erweitern; auch hatte Lowell mittlerweile ein noch größeres Fernrohr beschafft, das mit einem Objektiv von 24 Zoll Durchmesser und 32 Fuß Brennweite zu den mächtigsten und gleichzeitig zu den vorzüglichsten Refraktoren der Gegenwart zählt. Dazu kommt, daß in Tacubaya (19° 24′ nördl. Br., 99° 12′ westl. L. v. Gr.), 4 Meilen westlich von der Stadt Mexiko in einer Höhe von 2500 *m* über dem Meere eine Lokalität aufgefunden und vom Januar bis Ende März 1897 benutzt wurde, die in mancher Beziehung für die Beobachtungen größere Vorteile gewährte als die Station Flagstaff. Die Beobachtungen wurden hauptsächlich ausgeführt von Percival Lowell und A. E. Douglass, einige Zeichnungen auch von Dr. J. J. See und W. A. Cogshall sowie von gelegentlichen Beobachtern. Sämtliche Beobachtungen und Zeichnungen sind im 2. Bande der Annalen des Lowellobservatory veröffentlicht, und aus diesem sollen die wichtigen Ergebnisse derselben hier vorgeführt und besprochen werden,

Der scheinbare Durchmesser des Mars betrug 1896 Anfang August 8″, er nahm im Dezember bis 17″ zu und ging bis März 1897 wieder auf 8″ zurück. Im August 1896 war der Südpol des Mars der Erde zugekehrt, doch wandte sich dieser mehr und mehr ab, und beide Pole lagen vom September bis zum ersten Drittel des Dezember 1896 ziemlich genau im Rande der Marsscheibe. Dann neigte sich der Südpol des Planeten bis Ende Februar wieder gegen die Erde, rückte also etwas in die Scheibe hinein, aber im März lag er wieder im Rande derselben und wandte sich dann bis zum Schlusse der Beobachtungen mehr und mehr auf die abgewandte Seite, so daß also nun der Nordpol des Mars zunehmend gegen die Erde geneigt wurde und mehr und mehr in die Scheibe trat. Zu Anfang der Beobachtungen zeigte Mars noch eine sehr merkliche Phase, und der dunkle Teil, welcher im Fernrohre an der linken (voraufgehenden) Seite lag, markierte eine starke Abweichung des Planeten von der genauen Kreisform. Diese Abweichung wurde natürlich immer kleiner, bis der Planet in der Opposition völlig rund erschien, und später die Phase an der südlichen voraufgehenden Seite allmählich sichtbar ward. Das Wintersolstitium der nördlichen Hemisphäre des Mars trat ein am 17. Juli 1896, das Frühlingsäquinok-

tium am 24. Dezember und das Sommersolstitium am 12. Juli 1897. Die nördliche Hemisphäre des Mars hatte also an diesen 3 Tagen astronomische Jahreszeiten, welche dem 20. Dezember, 20. März und 19. Juni der nördlichen Erdhälfte entsprechen.

Was die dunklen Flecke anbelangt, so wurden die hervortretenderen durch Mikrometermessungen festgelegt und dazwischen das Detail nach dem Augenmaße eingetragen. Zu diesem Ende ist die sorgfältigste Prüfung und Vergleichung der Zeichnungen untereinander und mit der Skelettkarte, welche die festgelegten Positionen enthält, nötig. Prüfungen ergaben, daß Personen, welche mit Marsbeobachtungen nicht durchaus vertraut sind, die größten Irrtümer in bezug auf Identifizierung der Details begehen. Betrachtet man überhaupt die getreue Wiedergabe der unmittelbar am Fernrohre gezeichneten Skizzen der Marsdetails, welche Lowell mitteilt, so begreift man gegenüber der Feinheit und dem schattenhaften Charakter der meisten davon, weshalb Fernrohre wie der große Refraktor zu Washington oder der 18-Zoller zu Straßburg, die unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen benutzt wurden, nichts von dem feinen Kanalnetze des Mars gezeigt haben.

Man kann hiernach aber auch beurteilen, was es mit manchen Beobachtungen über den Mars auf sich hat, die von gelegentlichen Beobachtern an kleinen Fernrohren beiläufig angestellt werden, und woraus diese flugs auf neue Formationen oder auf Änderungen der Marsoberfläche mit jener Sicherheit schließen, welche lediglich in der Unkenntnis und Unverantwortlichkeit solcher Beobachter ihren Grund hat.

Andernteils ist aber auch augenscheinlich, daß die Deutung der wahrgenommenen Flecke und Striche und die Zusammenfassung des einzelnen unter generelle Gesichtspunkte, wie sie Lowell unternommen, ein höchst schwieriges Beginnen ist, bei dem Irrtümer unvermeidlich sind. Wenn der Laie glaubt, daß der Anblick des Mars an einem großen Fernrohre unmittelbar über die Beschaffenheit oder Organisation der Oberfläche dieses Planeten etwas Wesentliches lehren könne, so dürfte ihn die Betrachtung der Lowellschen Zeichnungen sehr bald von seinem Irrtume heilen. Es ist nicht möglich, anders in dieser Beziehung weiter zu kommen, als durch vergleichendes, systematisches Studium einer sehr großen Anzahl solcher Zeichnungen, wobei eine provisorische Hypothese zum Ausgangspunkte gewählt werden muß. Im vorliegenden Falle wird die Hypothese durch die Annahme gebildet, daß das Aussehen der Marsflecke und die Veränderungen derselben in einer engen Beziehung zur Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, genauer: zu den Wärmeverhältnissen der beiden Hemisphären im Verlaufe ihres Jahres, stehen. Diese Hypothese findet kräftige Stütze für ihre Berechtigung im Verhalten der beiden weißen Flecke in der Nähe der Rotationspole des Mars. Von diesem ausgehend, hat schon Mädler auf den Gang der

klimatischen Verhältnisse in den beiden Marshälften geschlossen, Schiaparelli ist ihm gefolgt, und jetzt gibt Lowell einen systematischen Ausbau derselben, der sich auf die von Schiaparelli betonte Ungleichheit der Verteilung des flüssigen Elementes auf der nördlichen und südlichen Marshemisphäre und auf die relativ geringe Menge desselben auf diesem Planeten überhaupt stützt. Die speziellen Ausführungen Lowells nach dieser Richtung hin sind im höchsten Grade interessant und anregend, aber freilich auch am meisten hypothetisch. Mancher wird diese letztere Tatsache vor allem betonen, und sicherlich gibt es Astronomen, die diesen Ausführungen nicht gerade sympathisch gegenüber stehen, weil sie eben ein Novum auf dem Gebiete der Himmelskunde darstellen. Wir stehen auf diesem letztern Standpunkte nicht, sondern sehen in den spekulativen Forschungen, welche Lowell an seine unmittelbaren Wahrnehmungen, Messungen und Zeichnungen knüpft, eine wichtige Ergänzung, ja die eigentliche Fruktifizierung derselben, gleichgültig ob er im einzelnen überall das Richtige getroffen hat oder nicht.

Die beiden weißen Flecke, welche zur Winterzeit jeder Marshemisphäre um deren Pol seit 200 Jahren beobachtet worden sind, und die schon W. Herschel für Schneezonen erklärte, hält auch Lowell für Gefrierungsprodukte des Wassers und andere, schneller veränderliche helle Flecke für Wolken, die aus Wasserdampf bestehen.

Die südliche Eiskappe fand Lowell bei dieser Opposition, als sie in der Mitte ihres Sommers stand, klein und unveränderlich in ihrer Größe, besonders in den Meridianen von 0° bis 60° und 270° zwischen 70° und 90° südl. Br., in Gegenden, wo von ihm 1894 große Polarbuchten konstatiert worden waren. Mit dem Überschreiten des Frühlingsäquinoktiums der nördlichen Hemisphäre beginnt für den Südpol die lange Nacht. Der südlichste Punkt an der Lichtgrenze zeigte sich gelegentlich weißlich, wie schneebedekt oder wolkenbeladen, und in Mitte des Winters ist die Oberfläche bis 25° vom Südpol begraben in Schnee oder Gewölk. Die nördliche Schneekappe wurde als kleines, glänzendes Fleckchen zuerst am 21. August von Lowell bemerkt, und die Beobachtungen der nächsten Tage zeigten, daß sie nicht überall gleichweit ab vom Pole reichte. Was die wahrgenommenen Veränderungen an der nördlichen Polarkalotte anbelangt, so gibt Lowell davon eine übersichtliche Zusammenstellung. Im Januar (hier wie im folgenden ist immer der dem unserigen entsprechende Monat auf dem Mars gemeint), als der Nordpol 24° bis 16° jenseits der Lichtgrenze lag, erschien der nördlichste Teil der letztern weiß, bläulichweiß oder grünlichweiß in den Regionen Acidalius Lacus, Sirenius und Äthiops, und die Polarkappe war bisweilen breit und weiß mit dunkelgrünem Rande unter den Meridianen durch Syrtis major, Aurorae Sinus und Titan. Dieses Aussehen schreibt Lowell Wolken und vielleicht einer Vegetation zu. Im Februar

dehnte sich die weiße Kalotte bis 50° oder 60° nördl. Br. aus mit verschwommenen Grenzen, die als Bewölkung gedeutet werden, doch auch mit hellen Stellen in 70° nördl. Br., die Lowell für wirklichen Schnee hält. Von blauer oder grüner Färbung war nichts zu sehen, wohl aber zwischen den Meridianen von Trivium Charontis bis Margaritifer Sinus zeigte sich ein grauer oder dunkler Rand. Im März, nachdem das Frühlingsäquinoktium vorüber, und der Nordpol in das Sonnenlicht getreten war, zeigte sich die Eiskappe breit und unveränderlich, umgeben von einem farbigen Saume und eingeschnitten von dunklen Spalten. »Unzweifelhaft begann sich unter dem Einfluß der vom Schmelzen des Schnees herrührenden Feuchtigkeit eine dichte Vegetation längs der Ränder der Schneezone und in den tiefen Flächen zu entwickeln.« Während des April verhielt sich die Polarkappe weiterhin wie schmelzender Schnee, sie wurde von permanenten Spalten durchsetzt, langsam zog sie sich zusammen, und ihr Rand lag etwa in 60° nördl. Br. Ihr breitester Teil war in der Richtung der Syrtis Major, einem Reservoir der Feuchtigkeit, und am schmalsten war sie bei Issedon und Amystis. Eine merkwürdige Tatsache ist, daß die großen dunklen Flecke unter dem Meridian dieses schmalsten Teiles, namentlich Aurorae Sinus, um diese Zeit fast völlig verschwanden und sich verhielten wie ein Vegetationsgebiet, das aller Feuchtigkeit beraubt wird. Die Verminderung der Ausdehnung der Polarkappe zu dieser Zeit und unter diesem Meridian scheint in Beziehung zu diesem merkwürdigen Phänomen zu stehen. Anfangs Juni war die Polarkappe auf einen sehr kleinen Fleck in der Nähe des Nordpols reduziert, der umgeben wurde von einer beträchtlichen Wolkenzone, die vermutlich dem raschen Schmelzen des Eises entsprang. Einige der nördlichsten Kanäle, welche im frühern Stadium als Spalten in der Eiskalotte sich dargestellt hatten, erschienen jetzt gut entwickelt.

Ein Vergleich des Verhaltens der beiden Polarregionen des Mars während des Jahreslaufes ist für das Verständnis seiner Klimatologie von besonderem Interesse. Die südliche Schneezone schmilzt in der 2. Hälfte ihres Sommers fast ganz zusammen und wird erst mit dem Marsmonate April, wenn sie in ihren Winter rückt, beträchtlich größer; die nördliche dagegen zeigt sich erst um die Mitte des Winters und bleibt dann ziemlich permanent. Dies deutet darauf, daß im Herbste des Mars an seinem Nordpole die Wassermenge erheblich geringer ist, als in den südlichen Polargegenden, was in dem Vorhandensein ausgedehnter, heller, kontinentaler Regionen auf der nördlichen Marshemisphäre volle Bestätigung findet. Wenn aber der Nordpol des Mars mit den kontinentalen Flächen in seiner Umgebung für uns sichtbar wird, liegt der Wärmeäquator tief auf der südlichen Hemisphäre, und infolgedessen muß ein mächtiger Strom feuchter Luft nordwärts gerichtet sein. Zunächst wird sich deren Feuchtigkeit auf den höher gelegenen Flächen verdichten und erst

nach und nach in die tiefern Gegenden gelangen, die als Reservoir dienen. Dies wird durch die Beobachtungen tatsächlich durchaus bestätigt. Die Tatsache, daß im Januar grüne oder blaue Flächen nahe der Polarkalotte der nördlichen Marshemisphäre gesehen werden, zeigt nach Lowell an, daß die Temperatur dort in 40 bis 70° nördl. Br. um diese Zeit nicht zu niedrig ist, um die Existenz von flüssigem Wasser und von Vegetation zu hindern; im Februar dagegen zeigte sich nur einmal ein dunkler Fleck am südlichen Rande der Kalotte in etwa 40° nördl. Br. Hieraus schließt der Beobachter, daß der Monat Februar der kälteste war. In diesen beiden Monaten erschien die Eiskappe häufig besonders breit zwischen Trivium Charontis und Aurorae Sinus und behielt diese größere Ausdehnung bis zum April.

Eine große Rolle unter den Eigentümlichkeiten der Marsoberfläche, welche seit Schiaparellis Untersuchungen bekannt wurden, spielen die sogenannten Kanäle. Mit ihnen beschäftigt sich Lowell eingehend, und zwar vom Standpunkte seiner meteorologischen Grundhypothese aus. Die Kanäle zeigten sich am deutlichsten in den hellen (kontinentalen) Regionen der nördlichen Marshälfte. Auf der südlichen Hemisphäre sind sie etwa um die Hälfte weniger zahlreich und dort in abgedunkelten Regionen am besten erkennbar. Die Sichtbarkeit der Kanäle auf der südlichen Marshälfte, etwa von 40° südl. Br. an, nimmt von Januar bis April des Marsjahres, also während der 2. Hälfte ihres Sommers, ab. In den äquatorialen Gegenden zwischen 30° südl. und 10° nördl. Br. ist dagegen keine auffallende Verschiedenheit in dieser Hinsicht wahrzunehmen. In den Gegenden der nördlichen Marshemisphäre von 10 bis 40° nördl. Br. nimmt die Sichtbarkeit der Kanäle in den dunklen Regionen etwas, dagegen in den hellen Flächen stark zu, und zwischen 40 und 60° nördl. Br. ist diese Zunahme der Deutlichkeit und Dunkelheit der Kanäle über der ganzen Breitenzone des Planeten zu erkennen. Alles dieses bestätigt die frühern Schlußfolgerungen, daß diese Kanäle ihre Sichtbarkeit für uns durch Feuchtigkeit und Vegetation erlangen. In dem Maße als für die dunklen Flecken der südlichen Marshemisphäre die Mitte des Sommers naht (vom Oktober bis zum Januar), verändert sich ihre Farbe aus Grün in Bräunlich und zuletzt in Gelb. Die hellen Regionen dieser Hemisphäre sind dunkelorange oder gelblich, wozu sich im November, zur Zeit der Eisschmelze, oft etwas Grün gesellt, im Dezember etwas Braun, im Februar Rötlich und im März weiß. Dieser Übergang von Grün zu Braun und Gelb ähnelt demjenigen unserer Vegetation während trockener Sommer und im Herbste. Die großen dunklen Flächen der heißen südlichen Zone sind während des ganzen Sommers bläulichgrün und werden im April gelblich, die nördlichen dunklen Flecke sind grün oder bläulichgrün im Dezember und Januar.

Eine große Rolle spielt die Verdoppelung der Kanäle in allen Fragen über die wahrscheinliche Beschaffenheit der Marsoberfläche.

Prof. W. H. Pickering hat wichtige Gründe angegeben, wonach diese Duplizität eine optische Täuschung ist, und Lowell ist geneigt, diesem Schlusse beizustimmen. Jedesmal, wenn er einen Doppelkanal wahrzunehmen glaubte, hat er sich genötigt, gesehen im Beobachtungsbuche beizufügen, daß ihm die Wahrnehmung nicht ganz sicher scheine. nur ein einziges Mal schien ihm die Duplizität positiv sicher, aber auch nicht während der ganzen Beobachtungsdauer. Auf eine unscharfe Einstellung des Fernrohres möchte Lowell die vorgetäuschte Duplizität der feinen Marskanäle indessen nicht zurückführen, sondern auf die falsche Auffassung des Beobachters, daß zwei sehr nahe beieinander befindliche, aber in ihrem Verlaufe etwas divergierende Kanäle für einen Doppelkanal gehalten werden. Erwägt man, um welche überaus feine Wahrnehmungen auf einem kleinen Flächenraume es sich handelt, so wird man diese Erklärung sehr annehmbar finden und auch begreifen, weshalb die Doppelkanäle immer an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehen, mag nun das Fernrohr oder die Marsscheibe größer oder kleiner sein. Diese letztere Tatsache wird durch eine Zusammenstellung der mittlern Entfernung für beide Komponenten der Marskanäle bei verschiedenen Durchmessern der Marsscheibe gut illustriert. Douglass gibt nämlich an, daß nach den Beobachtungen im August 1896, als die Marsscheibe 8.9″ im Durchmesser erschien, der Abstand der Komponenten der Doppelkanäle durchschnittlich auf 0.304″ oder in Graden der Marskugel auf 4.11° geschätzt wurde, im Oktober und Januar 1897, als der Marsdurchmesser auf 13.5″ gestiegen war, zu 0.35″ entsprechend einem Bogen von 2.9°. Mit dem Nachweise, daß die Verdoppelung der Marskanäle lediglich optische Täuschung ist, verschwindet die größte Schwierigkeit für die Deutung dieser Gebilde. Ein weiterer und wichtiger Schritt in bezug auf letztere ist die Wahrnehmung, daß die Kanäle sich auch in die dunklen Regionen hinein fortsetzen und dort über lange Strecken hin verfolgt werden können. Dies war zu Flagstaff in der Opposition des Mars 1894—1895 gelungen, und die Beobachtungen 1896—1897 haben weitere Bestätigungen dieser wichtigen Tatsache geliefert. Im Margaritifer und Aurorae Sinus und im Sirenum Mare waren die Fortsetzungen der Kanäle in den dunklen Regionen während der beiden Oppositionen im ganzen unverändert die nämlichen. Doch wurden im Sirenum Mare sowie in Atlantis und Cimmerium Mare noch einige bis dahin unbekannte Kanäle wahrgenommen. Von besonderem Interesse sind die Beobachtungen über Syrtis Major, welche Lowell mitteilt und diskutiert. Diese dunkle Fläche ist eine der größten und deutlichsten auf dem Mars, und sie hat schon 1659 Huyghens dazu gedient, die Rotation dieses Planeten zu erkennen. Man hat sie als wirkliche See betrachtet, und in der Tat zeigt sie sich in großenFerngläsern unter sonst günstigen Bedingungen von dunkel blaugrünlicher Farbe. Der wahre Charakter dieser Fläche zeigte sich in den Beobachtungen zu Flagstaff während der Opposi-

tion von 1894. Zunächst ergaben die Untersuchungen von Prof. W. H. Pickering keine Polarisation des Lichtes ihrer Oberfläche, während die südliche Polarsee des Mars solche zeigte, also hier das Vorhandensein von Wasser erkennen ließ, das man auch aus andern Gründen annehmen möchte. Dann erschienen, als die Jahreszeit auf dem Mars fortschritt, in der Fläche der Syrtis hellere und dunklere Flecke ohne Veränderung der Position, und schließlich begann das ganze blaugrünliche Areal zusammenzuschwinden, ohne daß dafür in der Nähe oder anderwärts entsprechende dunkle Flächen sichtbar wurden. Diese Umstände beweisen in ihrer Gesamtheit, daß die Syrte kein Wasserozean sein kann, sondern wahrscheinlich eine mit Vegetation bedeckte Fläche ist, deren Aussehen sich der Jahreszeit entsprechend ändert. Lowell zeigt dies im einzelnen und behandelt dabei auch die Wahrnehmungen von rhomboidalen, hellern Flächen und langen, dammähnlichen Verbindungen, von denen er vier besonders benennt: Solis Pons, Lunae Pons, Pons Cometarum und Pons Stellarum. Die Aufhellungen dieser Flächen schreibt Lowell der Auftrocknung derselben zu und die reguläre Form der Umfassung durch Kanäle. In den dunklen Regionen wurden letztere 1894 zuerst von Douglass gesehen, und der deutlichste derselben ist der Dosaron, welcher die große Syrte in gerader Linie durchschneidet und sich weithin zwischen Hellas und Noachis fortsetzt. Er ist absolut geradlinig und überall gleichförmig breit, mit andern Worten: sein Aussehen spricht durchaus für künstlichen Ursprung. In einer frühern Saison des Marsjahres sah man an dieser Stelle eine Art Band von dunklerer Farbe als seine Umgebung, welches die Syrte mit der südlichen Polarsee verband. Es war nicht gerade, noch gleichförmig breit, zeigte vielmehr zufällige Krümmungen, kurz es bot keinerlei Ähnlichkeit mit einer künstlichen Anlage. Später verblich es mehr und mehr, und nachdem die Polarsee verschwunden war, wurde es in seinem südlichen Teile unsichtbar. Als es ziemlich abgebleicht war, zeigte sich in seiner Mitte, dieser folgend, der Strich des Dosaron, vom untersten Ende der Syrte beginnend und sich über das ganze Band als schnurgerade Linie forterstreckend und so seinen künstlichen Ursprung deutlich zur Schau tragend (?). Wenn man sich vorstellt, daß zur Zeit der Überschwemmung Wasser von der Polarsee durch die mittlern und daher wohl tiefern Teile der Syrte strömt und hier Vegetationen hervorruft, so läßt sich nach Lowell der feine Strich des Dosaron erklären als künstlich angelegter Kanal, der diesem Gebiete noch Wasser aus den Polgegenden zuführt, wenn die natürliche Bewässerung versagt. Eine zweite Linie, welche von dem nämlichen Punkte wie Dosaron ausgeht, aber sich südwärts nach dem mittlern Hellas hin wendet, ist der Orosines. Wie jener ist er vollkommen gerade, genau ebenso breit (etwa 34 englische Meilen), und gleichmäßig und ebenfalls offenbar künstlichen Ursprungs (?). Lowell bemerkt übrigens, daß die ganze scheinbare Breite nicht die wahre der Kanäle zu sein braucht,

diese letztern sind weit schmaler, was wir sehen, ist eine breite von Vegetation bedeckte Fläche rechts und links von dem eigentlichen Kanal. In seiner Verlängerung nach Süden trifft der Orosines übrigens auf den großen breiten Kanal Alpheus, der Hellas in südlicher Richtung ganz durchquert und direkt mit der südlichen Polarregion in Verbindung tritt. Noch andere Kanäle zeigen sich im Gebiete der Syrte, so der Hippus, Erymanthus, in der Syrtis minor der Galaesus, ferner Hylias und Aeolus. Wo solche Kanäle zusammentreffen, zeigen sich, wie Douglass gefunden, rundliche dunkle Flecke, ähnlich den von Lowell als Oasen bezeichneten in den hellen Regionen des Planeten. Es ist nach dem Beobachter sehr wahrscheinlich, daß es in der Tat Regionen sind, wo Vegetation vorzugsweise gedeiht, weil sich Wasser genug findet. Überhaupt spielt das Vorhandensein oder Fehlen des Wassers auf dem Mars eine augenfälligere Rolle in bezug auf Vegetation als bei uns, einerseits weil es dort in geringerer Menge vorhanden ist als auf der Erde, dann auch weil wahrscheinlich die mittlere Lufttemperatur nahe der Marsoberfläche höher ist als bei uns. Der äquatoriale Teil des Mars ist eine Wüste, der aber, wie Lowell betont, zur Fruchtbarkeit nichts fehlt als Wasser.

Sehr zahlreich sind auch die Beobachtungen über das Aussehen der Lichtgrenze in den Randgegenden des Mars. Es wurden freischwebende Wolken wiederholt wahrgenommen.

Im Monat Februar des Mars wurden in 20 bis 30° südl. Br. auf diesem Planeten ungeheure Wolkenzüge beobachtet, die sich von S nach N bewegten, in einer Höhe von 13 bis 24 *km* über der Oberfläche und mit einer Geschwindigkeit von 30 *km* in der Stunde. Was man auf der Erde die Kalmenregion nennt, die Region der stärksten Auflockerung der Luft infolge der Erwärmung, lag also damals auf dem Mars in 20 bis 30° südl. Br. Freie Wasseroberflächen sind auf diesem Planeten nur vereinzelt vorhanden; bildeten sie einen größern, zusammenhängenden Ozean, so müßte sich die Sonne darin abspiegeln, und deren Spiegelbild würde im Fernrohre sehr deutlich sichtbar sein. Solches ist jedoch niemals beobachtet worden. Die größte Menge von Feuchtigkeit findet sich in den Polarregionen, vor allem der südlichen; auch über der wärmsten Zone des Mars muß, wie die Wolken ausweisen, die Luft sehr feucht sein; die geringste Menge derselben enthalten die gemäßigten Zonen. Der Kreislauf des flüssigen Elementes auf dem Mars wird durch die Luftströme in der Atmosphäre und die Kanäle an die Oberfläche unterhalten, die treibende Kraft ist natürlich wie bei uns die Sonnenwärme. Was die vertikale Oberflächengestaltung des Mars anbelangt, so ist dieser Planet weit weniger bergreich als die Erde; es finden sich auf ihm sehr ausgedehnte Ebenen, ohne welche das dortige weit verzweigte Kanalnetz gar nicht möglich wäre; auch umfangreiche Hochflächen kommen vor, besonders in den Polarregionen, daneben

aber nicht minder Einsenkungen von beträchtlicher Ausdehnung. Lowell hat auf Grund seiner Beobachtungen eine große Karte des Mars in Merkatorprojektion entworfen, welche die sämtlichen wahrgenommenen Oberflächenteile des Planeten und die ihnen beigelegten (335) Namen enthält.

Die südliche Polarkalotte des Mars. Prof. Barnard machte[1]) einige Mitteilungen über seine Beobachtungen der südlichen Eiszone des Mars während der Erdnähe dieses Planeten in den Jahren 1892 und 1894. Neben den gewöhnlichen Zeichnungen des Aussehens des Planeten hat Prof. Barnard sorgfältige Mikrometermessungen des Durchmessers der Eiszone während beider Oppositionen ausgeführt. Die Berechnung dieser Messungen ergab, daß während beider Oppositionen die Ausdehnung der Eiszone sich in überraschend gleicher Weise verminderte, und zwar bis etwas über einen Monat nach Beginn des Sommers auf der südlichen Marshemisphäre. Daraus folgt, daß die Zeit der höchsten Temperatur auf dem Mars, ähnlich wie auf der Erde, einen oder mehrere Monate nach dem höchsten Sonnenstande eintritt. Prof. Barnard ist ferner der Meinung, daß die weiße Farbe der Polarzone tatsächlich von Schneemassen herrührt.

Eine Wolke auf dem Mars. Auf dem Lowellobservatorium zu Flagstaff in Arizona hat Slipher am 26. Mai $8^h\ 35^m$ (Mountainzeit) eine große Projektion auf dem Mars gesehen im Positionswinkel von 200^0, sie war 35 Minuten lang sichtbar, ihre Position auf der Marskugel war in 22^0 nördl. Br. und 37^0 westl. L. P. Lowell erklärte die Erscheinung für eine ungeheure Wolke, die sich nordwärts bewegte und dabei auflöste. Höchst wahrscheinlich damit in einem gewissen Zusammenhange steht eine von W. F. Denning zu Bristol gemachte Wahrnehmung.[2]) Derselbe fand am 19. und 21. Mai die Syrtis major auf dem Mars abnorm dunkel, fast schwarz. In der letztern Nacht erschien die Region unmittelbar südlich davon überaus hell und wie bedeckt mit kleinen lichten Wölkchen. Am 23. und 24. Mai schien Syrtis major eine merkliche Veränderung erlitten zu haben, sie war ungewöhnlich schwach sichtbar, anscheinend überzogen mit einem stark reflektierenden Material. Ihre Umrisse waren nicht leicht zu erkennen, obgleich andere Details wie Nilosyrtis, Euphrates usw. leicht sichtbar waren.

Die Marskanäle als optische Täuschungen. J. E. Evans und E. W. Maunder haben Versuche angestellt, aus denen sie schließen, daß die als Kanäle bezeichneten feinen Linien der Marsscheibe in Wirklichkeit gar nicht vorhanden, sondern nur Augentäuschungen sind.[3])

[1]) Astrophys. Journal 17. Nr. 4.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3874.
[3]) Monthly Notices 1903. 63. Nr. 8. p. 488. Sirius 1903 p. 200.

Die von den beiden genannten Astronomen veranstalteten Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt: Eine kreisrunde Scheibe, die je nach den Umständen zwischen 3.1 bis 6.3 Zoll Durchmesser hatte, wurde vor einer Klasse von Schulknaben zum Abzeichnen aufgestellt. Die Knaben waren in verschieden abgemessenen Entfernungen von der Scheibe postiert. Jeder erhielt ein Stück Zeichenpapier, auf welchem ein Kreis gezeichnet war, und sie wurden dahin unterrichtet, in diesen Kreis alle Einzelheiten einzuzeichnen, die sie auf der Scheibe wahrnehmen könnten. Keinerlei Andeutung war ihnen gegeben, ob auf dieser Scheibe Punkte, Flecke oder Streifen zu sehen seien, auch wurden sie beim Zeichnen sorgfältig überwacht, so daß niemand von seinen Nachbarn beeinflußt werden konnte. Alle waren völlig unbekannt mit den Abbildungen des Mars, wie solche an den großen Fernrohren erhalten worden sind, und wußten überhaupt nicht, um was es sich eigentlich handelte; sie sollten lediglich nur das zeichnen, was sie auf der entfernten Scheibe sahen. Auf dieser Scheibe war vorzugsweise derjenige Teil der Marsoberfläche gezeichnet, den Green auf seine Karte als Beer-Kontinent eingetragen, und welcher die sehr charakteristischen dunklen Flecken enthält, welche als Syrtis Major und Dawes Forked Bay bekannt sind. Letztere entspricht dem in 2 Spitzen auslaufenden südlichen Ende des von Schiaparelli als Sinus Sabaeus bezeichneten dunklen Fleckes. Die Zeichnung dieser Flecken war dunkel auf hellem Grunde mit matten, unregelmäßig zerstreuten Punkten, aber alles bestimmt und hart gezeichnet, ohne die leiseste Spur von dem, was man als Kanal zu bezeichnen pflegt. Es wurden übrigens zu den verschiedenen Versuchen auch verschiedene Zeichnungen auf der Scheibe benutzt, nach Originalen von Schiaparelli und Lowell aber mit Fortlassung der Kanallinien. Die Knaben zeichneten in fast allen Fällen feine, geradlinige Kanäle, die durchaus mit denjenigen in den Zeichnungen der Marskarte übereinstimmen. So zeichneten 20 Knaben in dem 1. Versuche folgende Kanäle: Argaeus, Arnon, Deuteronilus, Kison, Pierius, Protonilus, Pyramus.

Die sämtlichen Knaben, mit Ausnahme eines einzigen, zeichneten Dawes Forked Bay als zweispitzig, während die Zeichnung der beiden Zweige ihnen unter Sehwinkel von 230″ bis 140″ erschien. Von kleinen runden Flecken wurde keiner unter 84″ isoliert erkannt, obgleich sie dunkelschwarz auf hellem Grunde standen. In einem andern Versuche wurden die Knaben in 8 Reihen geordnet, die in verschiedenen Distanzen von der Scheibe sich befanden.

Die nachstehende kleine Tabelle enthält unter I die Bezeichnungen der 8 Reihen, unter II die Zahl der Knaben in jeder derselben, unter III den Abstand der Reihen von der Scheibe in englischen Fuß und unter IV den Winkel, unter welchem die Scheibe in jeder Reihe erschien.

I	II	III	IV
a	2	17	105′
b	3	19	94
c	4	$22^1/_2$	80
d	3	24	75
e	8	$28^1/_2$	63
f	4	$32^1/_2$	55
g	4	$34^1/_2$	52
h	11	$37^1/_2$	48

Die Ergebnisse aus diesen Versuchen sind höchst instruktiv. Die Knaben in der Reihe a waren gerade in derjenigen Entfernung, in welcher das feine Detail der Scheibe begann, das Aussehen von Linien (resp. Kanälen) anzunehmen. In der Reihe b sah ein Schüler das Detail in seiner wahren Gestalt, einem andern erschien es kanalförmig, dem dritten unvollkommen als Kanallinien. In den Reihen c und d sahen alle einige Kanäle, mehrere Knaben aber nur teilweise. In Reihe e waren die Kanäle nicht völlig so

gut sichtbar, obgleich jeder Schüler etwas davon sah. Die Reihe f sah sehr wenige Kanäle, Reihe g eine ziemliche Anzahl derselben, die meisten in der Reihe h sahen dagegen nichts von Kanälen oder diesen ähnlichen Figuren. Die Zeichnungen der Knaben in den Reihen a und b waren besonders instruktiv, denn sie zeigten, daß die wirklichen Details, nämlich gewundene, flußähnliche Streifen und die zerstreuten Punkte als solche eben in die Grenze der Wahrnehmbarkeit traten oder sich in kanalähnliche Linien zu verschmelzen begannen. Im ganzen wurden auf der vorgezeichneten Scheibe 12 Kanäle von den Schülern vermeintlich gesehen und nachgezeichnet, und der Vergleich mit den Karten von Schiaparelli usw. ergab hinterher, daß diese imaginären Kanäle sich tatsächlich auch meist auf diesen Karten fanden.

Eine charakteristische Tatsache ist, daß 11 Schüler die abgetönte Landschaft Meroe durch eine Linie abschlossen, welche genau dem Laufe des Kanals Astusapes entspricht. Die ganze Landschaft trat nicht klar genug hervor, um in den entferntern Reihen deutlich erkannt zu werden, nur ein Knabe in g, einer in h (aber keiner in f) erkannten den Kanal Astusapes d. h. zeichneten einen solchen, erkannten aber nicht, daß Meroe eine abgeschattete Landschaft ist. Von den näher sitzenden Knaben zeichneten im ganzen 50% den Astusapes und nur 15% die abgeschattete Fläche als solche. Eine Anzahl Knaben, die aus der Reihe b in die Reihe h versetzt wurden, waren in dieser, sei es nach der Erinnerung oder durch die gewonnene Praxis, besser imstande, Kanäle zu sehen, als die Knaben, die von Anfang an in Reihe h gesessen hatten. Von einer Verdopplung der Kanäle war im allgemeinen auf den Zeichnungen der Knaben nichts zu finden, nur in 2 Fällen hatte ein Knabe aus 37½ und ein andrer aus 25½ Fuß Entfernung einen Kanal doppelt gezeichnet, und zwar merkwürdigerweise in beiden Fällen den Hiddekel. In einem Versuche, bei welchem eine Lowellsche Marszeichnung mit den Oasen aber ohne Kanäle vorgehalten wurde, sahen und zeichneten die Knaben statt der Oasenfleckchen Kanäle, und zwar sehr deutlich und scharf ausgesprochen. Nur ausnahmsweise, aus Entfernungen von 28½ und 37½ Fuß, wurden auch Oasen gezeichnet. Auf die Einzelheiten von vielen andern Versuchen, welche Evans und Maunder mitteilen, braucht hier nicht weiter eingegangen zu werden. Diese Astronomen sagen, daß, indem sie die sämtlichen von ihnen veranlaßten Reihen von Experimenten nochmals überschauen, es unmöglich sei, der Schlußfolgerung zu entgehen, daß Linien, welche alle charakteristischen Merkmale der Marskanäle besitzen, von vollständig unbefangenen, scharfsichtigen Beobachtern auf Objekten gesehen werden können, die tatsächlich durchaus keine solchen Linien aufweisen. Es sind diese Wahrnehmungen dann keineswegs Einbildungen, sondern durch das Auge veranlaßte Verbindungen von Formen, die tatsächlich einen ganz andern Charakter besitzen. Die Vermutung von Green, daß die Kanäle durch die Aneinandergrenzung verschiedener abgeschatteter Flächen vorgetäuscht würden, gewinnt durch die Versuche von Evans und Maunder eine Stütze. Die ergiebigste Quelle, aus der die kanalähnlichen Eindrücke hervorgehen, ist aber die Tendenz der Wahrnehmung, sehr kleine Punkte miteinander zu verbinden. Noch ist hervorzuheben, daß bei Wiederholung der Versuche mit den nämlichen Knaben sich eine Tendenz der letztern offenbarte, mehr Kanäle als früher zu zeichnen, obgleich sie nicht wußten, worauf es ankam, und ihnen stets eingeschärft wurde, nur das zu zeichnen, was sie deutlich sähen. Mehrere Knaben sahen später aus größerer Entfernung mehr Kanäle als früher aus geringerer.

In Übereinstimmung mit mehrern andern Versuchen über die Grenzen der Wahrnehmbarkeit kommen Evans und Maunder zu dem Ergebnisse, daß Objekte nahe dieser Grenze in 2 Klassen zu trennen sind, nämlich in Punkte und Linien. Was die Sichtbarkeit einer geraden Linie anbelangt, so ist dieselbe vorhanden, wenn bei einer genügenden Länge die Breite

$^1/_{18}$ vom Durchmesser des kleinsten noch sichtbaren Punktes beträgt. Eine solche Linie kann also noch wahrgenommen werden, wenn ihre Breite weit unter der Sichtbarkeitsgrenze für jede andere Gestalt liegt. Wenn daher die Oberfläche des Mars in Wirklichkeit mit einer Reihe gerader Linien bedeckt ist, wie sie die Karten von Schiaparelli und Lowell zeigen, so könnte über ihre Existenz als solche kein Zweifel sein, jeder Beobachter würde sie erkennen. Die Schlußfolgerung von Evans und Maunder ist aber, daß die Marskanäle in einigen Fällen, wie Green vermutete, durch die Grenze von ungleich abgeschatteten Flächenteilen vorgetäuscht werden, in den meisten Fällen aber einfach durch optische Aneinanderreihung (»Integration«) von Details entstehen, welche zu klein sind, um einzeln wahrgenommen zu werden. »Die Beobachter des Mars, welche während der letzten 25 Jahre dessen Kanäle zeichneten, haben gezeichnet, was sie sahen, aber die Kanäle, welche sie sahen, haben keine realere Existenz als die, welche die Greenwicher Schulknaben sich einbildeten auf den Vorlagen zu sehen, und die sie demgemäß zeichneten.« Das ist der Schluß, zu dem Evans und Maunder durch ihre Experimente geführt worden sind.

Der Lichtwechsel der Jupitermonde beim Vorübergange vor der Jupiterscheibe ist von H. Kloht an Modellen studiert worden.[1]) Die Jupitermonde sind beim Vorübergange vor der Jupiterscheibe bekanntlich zuerst als helle Scheibchen sichtbar, nehmen dann schnell an Helligkeit ab, bis sie etwa bei $^1/_{15}$ des Durchmessers der scheinbaren Jupiterscheibe unsichtbar werden und darauf in der Mitte derselben als dunkle runde Flecke wieder erscheinen; worauf im weitern Verlaufe des Vorüberganges der Lichtwechsel in umgekehrter Reihenfolge auftritt.

Durch irgendwelche zeitweisen Veränderungen an den Monden selbst, wie Fleckenbildung usw., kann dieser regelmäßige Wechsel in der Helligkeit und Sichtbarkeit derselben nicht erklärt werden. Das Zusammenfallen der ganzen Erscheinung mit der Dauer eines Vorüberganges, und die umgekehrte Reihenfolge des Lichtwechsels in der 2. Hälfte des Vorüberganges deuten vielmehr darauf hin, daß der Lichtwechsel der Monde eine optische Täuschung ist, welche durch die Kugeloberfläche Jupiters hervorgerufen wird.

Die Beleuchtung einer Fläche ist bekanntlich am stärksten, wenn die Lichtstrahlen senkrecht auf dieselbe auffallen, während bei schräg einfallendem Lichte die Beleuchtung sich verhält wie der Sinus des Neigungswinkels, den die einfallenden Strahlen mit der beleuchteten Fläche bilden.

Dementsprechend ist die Beleuchtung einer Kugel im Oberflächenmittelpunkte der der Lichtquelle zugewendeten Halbkugel, wo die Lichtstrahlen senkrecht auffallen, am stärksten und wird nach dem Rande derselben wegen der kontinuierlichen Abnahme des Neigungswinkels, den die einfallenden Lichtstrahlen mit der Kugeloberfläche bilden, beständig schwächer, bis sie am Rande selbst, wo die Oberfläche nur noch tangential von den Lichtstrahlen berührt wird, gänzlich aufhört.

---

[1]) Sirius 1908, p. 25.

Für die Erklärung der in Rede stehenden Erscheinung kommt jedoch nicht das auffallende, sondern das reflektierte Licht in Betracht. Wenn nun auch für die Beurteilung der von einer beleuchteten Kugeloberfläche reflektierten Lichtmenge kein ebenso einfacher Satz zu Gebote steht, wie dies hinsichtlich der Beleuchtung der Fall ist, so muß doch immerhin die Annahme als zutreffend angesehen werden, daß von den einzelnen Punkten einer einseitig beleuchteten total reflektierenden Kugeloberfläche nicht mehr Licht reflektiert werden kann, als auffällt, und daß deshalb die Randzone der der Lichtquelle und dem Beobachter zugewendeten Halbkugel, der schrägen Beleuchtung entsprechend, weniger hell erscheinen muß, als die senkrecht beleuchtete Zentralgegend derselben. Infolge seitlicher Reflexion gelangt zwar nur ein Teil des auffallenden Lichtes in das Auge des Beobachters, aber das Verhältnis dieser reflektierten Lichtmenge zur gesamten auffallenden Lichtmenge muß bei einer gleichmäßig beschaffenen total reflektierenden Kugeloberfläche an allen Stellen derselben das gleiche sein, und die Helligkeit der beleuchteten Hemisphäre deshalb nach ihrem Rande zu in demselben Verhältnis abnehmen wie die Beleuchtung.

Diese Folgerung befindet sich zwar nicht in Übereinstimmung mit dem photometrischen Satze, nach welchem eine leuchtende Kugel als gleichmäßig helle Scheibe erscheinen muß; aber für eine mit reflektiertem Lichte leuchtende Kugel trifft dieser Satz nur dann zu, wenn die beleuchtete Oberfläche derselben mit zahlreichen erheblichen Unebenheiten besetzt ist. Bei einer regelmäßig gekrümmten total reflektierenden Kugeloberfläche ist der Lichtabfall nach dem Rande der beleuchteten Halbkugel deutlich sichtbar, Um aber den ganzen Umfang desselben wahrzunehmen, ist es notwendig, daß die Kugel vor weißem und nicht vor schwarzem Hintergrunde aufgestellt wird. Wird dieser Bedingung genügt, so tritt der Lichtabfall schon bei gewöhnlichem Tageslichte deutlich hervor.

Wenn demnach ein Jupitermond vor der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe vorübergeht, muß vermöge des hellen Untergrundes der Lichtabfall an demselben sichtbar werden. Eine Lichtabnahme nach dem Rande der scheinbaren Scheibe ist zwar auch bei Jupiter vorhanden, obwohl dieselbe wegen des dunklen Untergrundes nur schwach wahrnehmbar ist, aber bei einem Jupitermonde ist dieser Lichtabfall wegen der stärkern Oberflächenkrümmung weit größer, als bei der dem Durchmesser desselben entsprechenden Scheibe der zentralen Jupiteroberfläche; indem bei dem kleinern Monde der an einer Halbkugel auftretende Lichtabfall in seinem vollen Umfange zur Geltung kommt, während bei der zentralen Jupiteroberfläche, auf welche der Mond projiziert erscheint, ein Lichtabfall nicht vorhanden, oder wenigstens nicht wahrnehmbar ist.

Wegen des verhältnismäßig geringen Durchmessers des Jupitermondes vermag aber das Auge den hellen zentralen Teil und die

dunkle Randzone des scheinbaren Scheibchens desselben nicht auseinander zu halten und sieht letzteres deshalb mit einer mittlern Helligkeit, welche geringer sein muß, als die der zentralen Jupiteroberfläche. Der Mond muß daher vor der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe als dunkler runder Fleck erscheinen. Es sei denn, daß der Vorübergang vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche erfolgt, und hierdurch eine Modifikation der Erscheinung bedingt wird.

Wenn der Mond dagegen auf den Rand der scheinbaren Jupiterscheibe projiziert gesehen wird, so tritt die umgekehrte Erscheinung ein. Die Beleuchtung des Mondes ist in dieser Stellung dieselbe, wie in seiner Zentralstellung. Es muß daher auch seine Helligkeit dieselbe geblieben sein. Dagegen ist die Helligkeit der Jupiteroberfläche am Rande der sichtbaren Halbkugel wegen der sehr schrägen Beleuchtung erheblich geringer, als im Oberflächenmittelpunkte derselben, und da ferner der Mond in seinem Oberflächenmittelpunkte die gleiche Helligkeit hat, wie die Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe, so muß die aus Rand- und Zentralgegend der sichtbaren Mondoberfläche resultierende mittlere Helligkeit des Mondes die Helligkeit der Jupiteroberfläche am Rande der sichtbaren Halbkugel übertreffen. Der Mond muß demnach sowohl unmittelbar nach seinem Eintritte in die scheinbare Jupiterscheibe, als auch unmittelbar vor seinem Austritte aus derselben als helles Scheibchen sichtbar sein.

Der Lichtabfall an der sichtbaren Jupiterhalbkugel ist wegen des dunklen Hintergrundes zwar nur in geringem Grade wahrnehmbar, aber der zwischen dem Monde und dem Rande der scheinbaren Jupiterscheibe in Wirklichkeit bestehende Helligkeitsunterschied wird durch diese optische Täuschung nicht aufgehoben.

Zwischen Mitte und Rand der scheinbaren Jupiterscheibe muß die Helligkeit der Jupiteroberfläche infolge der schrägen Beleuchtung an einer bestimmten Stelle aber gerade so weit abgenommen haben, daß dieselbe weder größer, noch geringer ist, als die mittlere Helligkeit des vorübergehenden Mondes. Letzterer kann daher an dieser Stelle weder als dunkles, noch als helles Scheibchen erscheinen, sondern muß unsichtbar bleiben.

Findet der Vorübergang lediglich vor hellem Untergrunde, also nicht vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche statt, und wird angenommen, daß letztere an allen bei dem Vorübergange in Frage kommenden Stellen gleichmäßig gekrümmt ist und gleiche Reflexionsfähigkeit besitzt, so ist sowohl die Lage der Stelle der Jupiteroberfläche, an der das Unsichtbarwerden des Mondes eintritt, als auch der Helligkeitsunterschied zwischen dem Monde und der Jupiteroberfläche bei der Zentral- und Randstellung des erstern annähernd bestimmt.

Die Oberfläche einer Kugel ist bekanntlich viermal so groß, als die Fläche eines größten Kreises derselben Kugel. Mithin ist die Oberfläche der beleuchteten Halbkugel des Mondes zweimal so groß, als der von demselben verdeckte kreisförmige Teil der zentralen Jupiteroberfläche, wenn man letztern als eben betrachtet, was ohne großen Fehler geschehen kann. Das den Jupitermond treffende Sonnenlicht ist mithin auf eine doppelt so große Fläche verteilt, als wie dies bei der dem Durchmesser desselben entsprechenden Scheibe der zentralen Jupiteroberfläche der Fall ist. Die aus Rand- und Zentralgegend der beleuchteten Mondoberfläche resultierende mittlere Helligkeit des Jupitermondes kann demnach auch nur gleich $^1/_2$ derjenigen der zentralen Jupiteroberfläche sein, wenn man für die Oberflächen beider Himmelskörper regelmäßige Krümmung und gleiche Reflexionsfähigkeit annimmt.

Bezeichnet man nun die Helligkeit der Jupiteroberfläche in der Mitte mit 1 und am Rande der sichtbaren Halbkugel mit 0, so wird die dazwischen liegende Oberfläche an derjenigen Stelle gleiche Helligkeit mit dem Monde haben, an der die Beleuchtung wegen der schräge auffallenden Lichtstrahlen bis zu $^1/_2$ der senkrechten Beleuchtung in der Mitte der sichtbaren Oberfläche abgenommen hat.

Da aber die Beleuchtung einer Fläche bei schräge auffallendem Lichte dem Sinus des Neigungswinkels proportional abnimmt, und der Sinus von 30° gleich $^1/_2$ ist, so muß die Beleuchtung, resp. Helligkeit der Jupiteroberfläche an derjenigen Stelle gleich $^1/_2$ der zentralen Oberflächenhelligkeit des Planeten sein, an der die einfallenden Lichtstrahlen die Oberfläche desselben unter einem Winkel von 30° treffen. Die Orte der Jupiteroberfläche aber, welche unter einem Neigungswinkel von 30° beleuchtet werden, liegen in einem Abstande von 60° um den Oberflächenmittelpunkt der beleuchteten Halbkugel.

Den an dieser Stelle von dem Monde verdeckten Teile der Jupiteroberfläche kann man ohne großen Fehler als eben und als Ellipse ansehen, deren kleine Achse gleich dem Durchmesser des Mondes, und deren große Achse gleich dem doppelten Durchmesser desselben ist. Die Fläche dieser Ellipse ist demnach gleich der Oberfläche der beleuchteten Halbkugel des Mondes. Die gleiche Lichtmenge ist somit an dieser Stelle bei beiden Himmelskörpern auf gleiche Flächen verteilt, und nimmt man für beide Oberflächen regelmäßige Krümmung und gleiche Reflexionsfähigkeit an, so müssen die gleich großen Flächen auch gleich hell erscheinen. Der Mond kann an dieser Stelle mithin nicht wahrgenommen werden.

Für die Randstellung des Mondes, wenn derselbe eben voll in die scheinbare Jupiterscheibe eingetreten ist oder unmittelbar vor dem Austritte den innern Rand derselben berührt, ist die mittlere Helligkeit der von dem Monde verdeckten Jupiteroberfläche ebenfalls annähernd bestimmt.

Nimmt man den Äquatorialdurchmesser Jupiters zu 145 100 *km* und den Durchmesser des 1. Mondes zu 3950 *km* an, so ergibt sich bei der Randstellung des letztern für diejenigen die Oberfläche Jupiters treffenden Lichtstrahlen, welche den Mond an der der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe zugewendeten Seite tangieren, ein Neigungswinkel von rund 19°, dessen Sinus abgerundet gleich 0.32 ist. Die mittlere Helligkeit des vom Monde verdeckten Teiles der Jupiteroberfläche beträgt demnach 0.16 der zentralen Helligkeit derselben, und da ferner die Helligkeit des Mondes gleich 0.5 der zentralen Helligkeit Jupiters ist, so erscheint uns der 1. Mond in seiner Randstellung ungefähr dreimal so hell als die mittlere Helligkeit der dem Durchmesser des Mondes entsprechenden Randzone der scheinbaren Jupiterscheibe, auf welche wir den Mond projiziert sehen.

Die dieser Betrachtung zugrunde gelegte ideale Gestalt und Beschaffenheit der Jupiteroberfläche kann zwar nicht als in Wirklichkeit vorhanden angenommen werden, aber aus der Tatsache, daß die Erscheinung des Lichtwechsels der Monde bei den Vorübergängen — sofern letztere nicht vor einem dunklen Streifen der Jupiteroberfläche stattfinden — im allgemeinen mit der vorstehenden Betrachtung übereinstimmt, muß doch entnommen werden, daß die Ungleichmäßigkeiten der Jupiteroberfläche im Verhältnis zur Größe und Entfernung dieses Planeten in der Regel klein sind und deshalb keinen erheblichen störenden Einfluß auf den Lichtabfall an der beleuchteten Jupiterhemisphäre haben.

Kann der zahlenmäßigen Erörterung über den zwischen Mond- und Jupiteroberfläche an den verschiedenen Stellen des Vorüberganges bestehenden Helligkeitsunterschied, wegen der in Wirklichkeit vorhandenen Ungleichmäßigkeiten und Veränderungen der Jupiteroberfläche auch kein absoluter Wert beigemessen werden, so geht aus der Betrachtung doch hervor, daß ein Lichtwechsel der Jupitermonde während ihres Vorüberganges vor der scheinbaren Jupiterscheibe in Wirklichkeit nicht besteht, sondern eine optische Täuschung ist, welche dadurch hervorgerufen wird, daß der mit der Kugelgestalt verbundene Lichtabfall an den Monden so lange nicht wahrnehmbar ist, als selbige auf dunklem Untergrunde neben Jupiter, oder vor dem dunklen Rande desselben gesehen werden, und während des Vorüberganges um so mehr hervortritt, je mehr sich die Monde der Mitte der scheinbaren Jupiterscheibe nähern, d. h. je mehr die Helligkeit der letztern zunimmt.

Um die Richtigkeit dieser Erklärung zu prüfen, hat Kloht einige Kugeln mit total reflektierender Oberfläche fertigen lassen, welche in demselben Größenverhältnis zueinander stehen, wie Jupiter und seine Monde, und hat an und mit denselben sowohl den Lichtabfall von der Mitte nach dem Rande der scheinbaren Scheiben, als auch die gleichen Helligkeitsschwankungen festgestellt, welche man bei den

Vorübergängen der Jupitermonde vor der scheinbaren Jupiterscheibe wahrnimmt.

Heller Fleck auf der Saturnkugel. Am 23. Juni sah Prof. Barnard auf der Licksternwarte, nördlich von der Mitte der Saturnscheibe einen hellen Fleck, den nach telegraphischer Benachrichtigung auch Dr. Hartwig auf der Remeissternwarte zu Bamberg sah. Am 27. Juni morgens 2 Uhr 20 Minuten mittlerer Zeit von Bamberg stand dieser Fleck oder weiße Streifen mitten auf der Saturnscheibe.

Der Durchmesser des Saturnmondes Titan. In astronomischen Schriften wird gewöhnlich angegeben, der Durchmesser dieses Trabanten betrage wahrscheinlich 3- bis 4000 Miles (à 1609.3 *m*). Dieser Wert ist jedoch, wie W. J. Hussey bemerkt,[1] viel zu groß. Wenn am 36-Zoller der Licksternwarte die Mikrometerfäden so weit voneinander entfernt werden als dem Winkel entspricht, der am Saturn 4000 Miles umspannt, und dann der Trabant Titan zwischen die Fäden gebracht wird, so reicht bei guter Luft und sehr starker Vergrößerung die Scheibe beiderseits nicht bis zu den Fäden. Selbst wenn die Fädendistanz auf 3000 Miles eingestellt wird, ist der Durchmesser des Trabanten noch etwas geringer. Direkte Messungen bei guter Luft ergaben für den Durchmesser des Titan

1902 Juni	19 : 0.60″	oder	2473	Miles
Oktober	2 : 0.53	„	2332	„

Die 1. Messung wurde unter sehr guten Verhältnissen erhalten; die Vergrößerung war 2400fach, und Titan zeigte eine scharfe Scheibe. Es ist selten, sagt Hussey, daß für derartige Beobachtungen eine so starke Vergrößerung benutzt werden kann. Die 2. Messung wurde an 1000facher Vergrößerung erhalten, die geringste, welche vorteilhaft bei einem so kleinen Durchmesser benutzt werden kann. In den Jahren 1894 und 1895 hat Professor Barnard in 5 Nächten den Durchmesser des Titan am 36-Zoller gemessen. Seine Ergebnisse schwanken zwischen 2100 und 3200 Miles, sie ergeben als Mittelwert 2720 Miles. Nimmt man den Durchmesser des Titan rund zu 2500 Miles an, so wird man wahrscheinlich wenig von der Wahrheit abweichen.

Der transneptunsche Planet. Die Frage nach der Existenz eines solchen ist häufig von Laien diskutiert worden; jetzt hat nun W. Lau das Problem wissenschaftlich behandelt.[2] Er weist zunächst auf die bekannte Tatsache hin, daß die Tafeln der Bewegung des Uranus und Neptun, welche Le Verrier berechnet hat, nicht mehr genau sind. Deshalb hat Lau schon vor einigen Jahren diese Tafeln

---

[1]) Publ. Astr. Soc. of Pacific Nr. 88.

[2]) Bulletin Astronomique 1903. 20. p. 251.

zu verbessern unternommen, wobei er sich bezüglich der Positionen beider Planeten auf 3425 Meridianbeobachtungen zu Greenwich, Paris und Königsberg stützte, welche die Jahre 1781 bis 1895 umfassen. Die Untersuchung bezüglich des Uranus ergab, daß die Beobachtungen von 1836 bis 1895 vollständig der Theorie entsprechen und keine Spur einer während dieser 60 Jahre von unbekannter Seite auf die Bewegung dieses Planeten ausgeübten Störung andeuten. Für den Neptun lagen Beobachtungen von 1846 bis 1895 vor, und auch sie ergeben eine vollständige Übereinstimmung der Theorie mit der wirklichen Bewegung des Planeten. Lau kommt zu dem Ergebnis: 1. daß die Theorie Le Verriers vollständig die Bewegungen des Uranus und Neptun darstellt; 2. daß die Hypothese eines einzigen transneptunschen Planeten unzulässig ist; 3. daß die Annahme mehrerer unbekannter störender Planeten überflüssig ist, um die Bewegungen des Uranus und Neptun darzustellen, und 4. daß diese Hypothese auch deshalb sehr unwahrscheinlich ist, weil in der Bahn des Neptun keinerlei Störungen des Radiusvektors vorkommen.

Der Mond.

Der Durchmesser des hellen Fleckes um den Krater Linné ist 1898, 1899 und 1902 auf der Harvardsternwarte gemessen worden.[1]) Die Messungen 1902 wurden am 16. Oktober vor und nach der Beschattung des Linné während der totalen Mondfinsternis von Prof. W. G. Pickering am 15-zolligen Refraktor bei 550facher Vergrößerung ausgeführt. Die Luftverhältnisse waren leidlich gut, nach dem Vorübergange des Schattens vielleicht etwas weniger. Am 15. Oktober hatte die Sonne den Krater seit 7.4, am 16. bis zu 8.7 Tage beschienen. Die Messungen Oktober 15 von $11^h\ 19^m$ bis 16^h, als Linné noch im vollen Sonnenscheine lag, ergaben im Mittel einen scheinbaren Durchmesser des hellen Fleckes von 2.69″; während der Halbschatten den Fleck bedeckte, nahm dessen Durchmesser bis 3.22″ zu; als der Fleck nach Ende der totalen Finsternis wieder im Halbschatten sichtbar wurde, hatte sein Durchmesser bis auf 5.73″ zugenommen und schwand dann während 39 Minuten auf 5.43″ zusammen. Leider verhinderten Wolken weitere Messungen. Die Gesamtzunahme des Durchmessers betrug etwa $2^3/_8$″. Dies übertrifft erheblich die Größenzunahme während der Finsternis von 1898, die gemäß den Messungen von Douglass nach drei verschiedenen Methoden 0.82, 0.73 und 0.15″ betrug, während nach W. H. Pickerings Messungen während der Finsternis von 1899 die Vergrößerung nur 0.14″ erreichte. Die beträchtliche Zunahme am 16. Oktober 1902 ist aber nicht etwa ungünstigen Luftverhältnissen zuzuschreiben, denn solche würden nach Prof. Pickering die umgekehrte Wirkung ausüben. Die richtige Erklärung der ungewöhnlichen Vergrößerung sucht derselbe in der Annahme, daß der Krater Linné am 15. Oktober

[1]) Harvard Coll. Obs. Circular Nr. 67.

letztern Jahres tätiger war als früher und daher mehr Feuchtigkeit in seiner Umgebung kondensiert wurde. Eine Reihe von Messungen, die Prof. Pickering am 20. Oktober, 12.6 Tage nach Sonnenaufgang über Linné, vornahm, ergaben als scheinbaren Durchmesser des weißen Fleckes 4.61″. 4 Messungen im Jahre 1898 zwischen 12.4 und 13.7 Tagen nach Sonnenaufgang über Linné ergaben für dessen Durchmesser: 3.52″, 3.24″, 3.42″ und 3.46″. Die Messung am 20. Oktober 1902 zeigt also in Übereinstimmung mit derjenigen am 15. und 16., daß der Durchmesser des Fleckes in den drei letzten Jahren größer geworden ist. »Bei zukünftigen Beobachtungen«, bemerkt Prof. W. Pickering, »muß man darauf achten, vor der totalen Verfinsterung die genaue Position des Linné mit Bezug auf ostwärts von ihm liegende Punkte festzustellen, damit bei seinem Wiederauftauchen aus dem Schatten kein Augenblick mit Identifizierung des Objektes verloren geht.« Diese bei Linné nachgewiesene Vergrößerung des weißen ihn umgebenden Fleckes ist die erste dieser Art und daher von besondrer Wichtigkeit.

Heller Punkt in der Nachtseite des Mondes. Prof. William H. Pickering veröffentlichte eine Mitteilung, welche ihm von einem Herrn G. S. Jones in Philadelphia über einen hellen Punkt in der Nachtseite des Mondes gemacht wurde. Am 12. August 7.5^h E. S. Z. sah der Beobachter mit einem $6^1/_4$-zolligen Reflektor und 250facher Vergrößerung ein vollständig rundes helles Scheibchen in der Nachtseite des Mondes, das im Verlaufe von ein paar Stunden, in dem Maße, als die Lichtgrenze vorrückte, sich zu einem sehr glänzenden Flecke entwickelte. Seiner Lage nach schien es mit dem kleinen Krater Lambert zusammenzufallen, doch war eine ganz genaue Identifizierung wegen eintretender Bewölkung nicht möglich. In der Nähe des Kraters Lambert, zwischen diesem und Timocharis, liegt ein isolierter Berg, der ungemein stark leuchtet; mit diesem fällt der von Jones gesehene helle Punkt nicht zusammen, denn er zeichnete beide als verschiedene Objekte; anderseits liegt nordöstlich von Lambert der ebenfalls äußerst helle Berg Lahire, der bisweilen gleich einem Sterne strahlt. Es scheint nicht unmöglich, daß es dieser Berg Lahire war, den der Beobachter Jones als hellen Punkt in der Nachtseite des Mondes sah; das Ringgebirge Lambert konnte ihm unmöglich als Punkt erscheinen, höchstens könnte der unansehnliche Zentralberg desselben sich in dieser Weise darstellen, doch hat diesen bis jetzt noch niemand in der Nachtseite des Mondes wahrgenommen.

Die Mondfinsternis am 11.—12. April 1903. Diese nahezu totale Finsternis hat eine Reihe von Erscheinungen dargeboten, welche von dem normalen Verlaufe der Beschattung bei Mondfinsternissen abweichen. Die am 3. August 1887 von Dr. Klein zum ersten Male wahrgenommene Ausdehnung des Erdschattens über die Mondscheibe hinaus hat sich wieder gezeigt und ist von Prof. Deichmüller auf der Bonner Sternwarte gesehen worden. In Frankreich war der Himmel

bis nach Mitternacht meist wolkenlos, aber weniger heiter als gewöhnlich. Einige zu Paris auf dem Eifelturme stationierte Beobachter konnten während der 1. Hälfte der Finsternis den im Schatten der Erde befindlichen Teil des Mondes nicht wahrnehmen. In Bordeaux war um die Mitte der Finsternis nur ein schwacher rötlicher Schimmer sichtbar; in Madrid verschwand der verfinsterte Mond völlig, und keine Spur von Rot konnte wahrgenommen werden. Der Beobachter in Algier war erstaunt über die Schwärze des Erdschattens. In Bayonne, wo der Himmel sehr heiter war, verschwand gleichwohl der verfinsterte Teil des Mondes vollständig, ebenso in Montpellier. In Marseille konnten nur einzelne Punkte der Mondscheibe wahrgenommen werden. Denning in Bristol war von der tiefen Schwärze des Erdschattens auf dem Monde überrascht. Auch die Beobachter in Rußland konnten diese Tatsache feststellen, und zu Orel war der verfinsterte Mond im Fernrohre völlig unsichtbar. Durch diese und andre Beobachtungen ist festgestellt, daß bei der Mondfinsternis in der Nacht vom 11.—12. April der Erdschatten ungewöhnlich dunkel war, so daß nicht nur die sonst bei Mondfinsternissen auftretende tiefrote Färbung der Mondscheibe fast völlig ausblieb, sondern sogar der verfinsterte Teil des Mondes unsichtbar wurde. Etwas Ähnliches ist früher nur 1642, 1764 und 1816 eingetreten, aber damals bei totalen Mondfinsternissen, während die April-Finsternis des gegenwärtigen Jahres nicht total war. Die Ursache der Erscheinung kann nur in unserer Erdatmosphäre zu suchen sein, und zwar in einer sehr dichten Bewölkung derselben oder in Staubmassen, die die höhern Regionen derselben außergewöhnlich undurchsichtig machten. Der Astronom Backhouse schreibt die Erscheinung direkt der Anhäufung vulkanischer Rauch- oder Staubmassen in unserer Atmosphäre zu und denkt dabei an die vulkanischen Vorgänge des Jahres 1902. Daß letztere höchst fein verteilte Auswurfsprodukte bis in sehr hohe Luftregionen emporgeschleudert haben, ist durch die starken roten Färbungen des Abendhimmels hinreichend erwiesen. Auch ist merkwürdig, daß die oben erwähnte Sichtbarkeit des Erdschattens außerhalb der Mondscheibe im Jahre 1887 zusammenfiel mit dem Auftreten von Lichterscheinungen (leuchtenden Nachtwolken) in den höchsten Luftregionen, deren Ursache in dem Emporschleudern von Staub- und Gasmassen durch den Krakatau-Ausbruch gesucht wird. Sonach ist es in der Tat wahrscheinlich, daß die abnormen Erscheinungen während der letzten Mondfinsternis dadurch hervorgerufen wurden, daß in den höhern Luftregionen sehr fein verteilte Materie vorhanden war, die dort gewöhnlich nicht anzutreffen ist.

Schließlich wird diese Ansicht bestätigt durch die Tatsache, daß dem Verschwinden des Mondes bei der Finsternis von 1816 die ungeheure vulkanische Katastrophe vom 5. April 1815 vorherging, bei welcher der Vulkan Tambora so viel Material auswarf, daß in einer Entfernung von 50 Meilen der Tag völlig zur Nacht wurde.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1902. Prof. H. Kreutz gab[1]) eine Zusammenstellung der Kometenentdeckungen und Beobachtungen des Jahres 1902, der folgendes entnommen ist:

Komet 1902 I (1902 a), wurde am 14. April 1902 in den Morgenstunden von Brooks in Geneva N. Y. entdeckt. Der Komet, der schon längere Zeit, ohne aufgefunden worden zu sein, am Himmel gestanden hatte, verschwand bald in den Sonnenstrahlen, so daß er nicht über den 19. April hinaus beobachtet werden konnte. In den wenigen Tagen seiner Sichtbarkeit war der Komet hell 8. Größe, mit einer kernartigen Verdichtung 9. Größe. Die Koma hatte einen Durchmesser von 3′, ein kurzer Schweif von 25′ Länge war vorhanden.

Die folgenden Elemente sind von Kreutz und Strömgren aus April 16—18 abgeleitet worden.

$T = 1902$ Mai 7.159 M. Z. Berlin, $\omega = 228^{0}\ 22'7$ 1902.0, $\Omega = 52^{0}\ 15'.4$ 1902.0, $i = 66^{0}\ 30'.4$ 1902.0, $\log q = 9.65436$.

Komet 1902 II (1902 c), entdeckt als schwacher Nebel am 23. Juli 1902 von John Grigg in Thames, Neuseeland, und ausschließlich vom Entdecker nur an wenigen Tagen bis August 3 beobachtet. Die 1. Nachricht von der Entdeckung gelangte erst am 6. August in die Hände der Astronomen des australischen Kontinents; die Bemühungen, den Kometen dann noch aufzufinden, sind zunächst infolge des Mondscheins und später wegen zunehmender Lichtschwäche leider erfolglos geblieben. Die Beobachtungen von Grigg sind nur genäherte Einstellungen an den Kreisen eines $3\,^{1}/_{2}$ zolligen Refraktors und dürften beträchtlichen Unsicherheiten unterliegen. Demgemäß werden auch die folgenden, vom Entdecker selbst abgeleiteten Elemente nur eine rohe Näherung darstellen.

$T = 1902$ Juni 20.37 M. Z. Berlin, $\omega = 301^{0}\ 46'1$ 1902.0, $\Omega = 217^{0}\ 30'.8$ 1902.0, $i = 16^{0}\ 42'.9$, $\log q = 9.76618$.

Komet 1902 III (1902 b), wurde am 31. August 1902 von Perrine auf Mount Hamilton und am 2. September von Borrelly in Marseille entdeckt. Der Komet hatte die Helligkeit eines Sternes 9. Größe; der Durchmesser betrug 4′; eine Verdichtung 11. Größe und ein kurzer Schweif waren zu erkennen. Mit abnehmender Entfernung von Sonne und Erde nahm die Helligkeit des Kometen beträchtlich zu; gegen Ende September wurde er dem bloßen Auge sichtbar und erreichte Mitte Oktober mit der Helligkeit eines Sternes 4. Größe das Maximum seines Glanzes. Das Aussehen des Kometen änderte sich mit zunehmender Helligkeit nur unwesentlich. Auch der Schweif blieb stets unansehnlich; nur auf den photographischen Aufnahmen erschien er in mehrere, bis zu sieben, Teile geteilt und konnte bis zu einer Länge von 3^{0} verfolgt werden.

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. astron. Ges. 1903. 38. p. 64.

Zufolge der Helligkeit und der günstigen Stellung am Himmel — Anfang Oktober erreichte der Komet mit 57° die nördlichste Deklination — sind die Beobachtungen außerordentlich zahlreich gewesen. Mitte November mußten sie wegen Hineinrückens des Kometen ins Tageslicht zunächst ihr Ende finden; die letzte Ortsbestimmung ist November 17 auf der Licksternwarte angestellt worden. Über die weitern Beobachtungen auf der Südhalbkugel sowie das Wiedersichtbarwerden auf der nördlichen Hemisphäre Mitte Februar 1903 wird im nächsten Jahre berichtet werden.

Die folgenden von Strömgren aus 3 Beobachtungen September 1, 20 und Oktober 8 abgeleiteten Elemente schließen sich dem ganzen, bisher beobachteten Laufe nahe an, so daß jedenfalls eine bedeutende Abweichung von der Parabel nicht vorhanden sein wird.

$T = 1902$ Nov. 23.88925 M. Z. Berlin, $\omega = 152^{\circ}\ 57'\ 28.2''$ 1902.0, $\Omega = 49^{\circ}\ 21'\ 7.5''$ 1902.0, $i = 156^{\circ}\ 21'\ 9.8''$ 1902.0, $\log q = 9.603246$.

Bemerkenswert ist noch eine große Annäherung des Kometen an Merkur; die kleinste Entfernung, November 29, betrug nur 0.0233 Erdbahnhalbmesser. Eine beträchtliche Störung der Bahn des Kometen, welche eine Bestimmung der Merkursmasse hätte herbeiführen können, hat aber trotzdem wegen der Kleinheit der letztern nicht stattgefunden.

Komet 1903 . . . (1902 d), entdeckt 1902 Dezember 2 in 7^h AR., -2° Deklination von Giacobini in Nizza als kleiner runder Nebel 11. Größe mit deutlichem Kerne, aber ohne Schweif. Wie die unten mitgeteilten Elemente zeigen, besitzt der Komet die außergewöhnlich große Periheldistanz 2.8, die nur von der des Kometen 1729 übertroffen wird. Demzufolge blieb derselbe auch stets ziemlich weit von der Erde entfernt und hat bis jetzt keine bemerkenswerte Erscheinung dargeboten. Dagegen wird die Sichtbarkeitsdauer, zumal er fast 4 Monate vor dem Perihel entdeckt wurde, voraussichtlich eine ungewöhnlich lange sein; zurzeit ist ein Abbruch der Beobachtungen noch nicht vorauszusehen.

Die folgenden Elemente von Ristenpart beruhen auf Beobachtungen von 1902 Dezember 3—1903 Januar 15 und werden voraussichtlich nur mehr geringen Änderungen unterliegen.

$T = 1903$ März 22.86660 M. Z. Berlin, $\omega = 5^{\circ}\ 35'\ 17.7''$ 1903.0, $\Omega = 117^{\circ}\ 27'\ 35.5''$ 1903.0, $i = 43^{\circ}\ 55'\ 26.9''$ 1903.0, $\log q = 0.443683$.

Im Sommer 1902 war der Komet 1895 II (Swift) nach der Vorausberechnung von Schulhof wieder zu erwarten. Eine Auffindung hat nicht stattgefunden, was wohl der Lichtschwäche des Kometen in dieser Erscheinung zuzuschreiben ist.

Ein gleiches Schicksal erlitt der 3. Tempelsche Komet, für den Bossert Aufsuchungsephemeriden gegeben hatte. Leider hat Bossert über die Grundlagen seiner Ephemeride bis jetzt nichts mit-

geteilt, doch ist so viel aus den Werten von log r zu ersehen, daß das Perihel in die Zeit des 24. Januar 1903 gefallen sein muß, während man nach den für 1897 oskulierenden Elementen hierfür den 21. Dezember 1902 hätte erwarten sollen. Die Störungen haben also offenbar das Perihel um mehr als einen Monat verschoben und damit den Kometen aus seiner günstigen Stellung zur Erde, die er bisher in jeder 2. Erscheinung, nämlich 1869, 1880 und 1891 inne hatte, herausgerückt. Diesem Umstande ist es wohl auch zuzuschreiben, daß der Komet im Winter 1902—1903 nicht aufgefunden worden ist; das Maximum der Helligkeit betrug nur 0.40 (Einheit der Helligkeit $r = \varDelta = 1$), blieb also sehr beträchtlich hinter den für die oben genannten Erscheinungen geltenden Werten, die stets die Einheit überschreiten, zurück. Es hat hiernach fast den Anschein, als ob wir auch diesen Kometen, wenigstens für eine längere Reihe von Umläufen, zu den verlorenen zu rechnen haben werden.

Die scheinbaren Beziehungen zwischen den heliozentrischen Perihelbreiten und den Periheldistanzen der Kometen. Dr. J. Holetschek hat an den bis 1900 beobachteten und berechneten 355 Kometen untersucht, wie sich die heliozentrischen Breiten der Perihelpunkte und die Periheldistanzen dieser Kometen bezüglich ihrer Größe zueinander verhalten.[1]) Dabei zeigt sich, daß sehr kleine Periheldistanzen (kleiner als etwa 0.3) fast ausschließlich mit stark südlichen Perihelbreiten (von etwa —30 bis —90°), etwas größere Periheldistanzen (ungefähr von 0.3 bis 0.8) hauptsächlich mit nördlichen Perihelbreiten (und zwar nicht nur von 0 bis + 30°, sondern insbesondere auch von + 30 bis + 90°) und noch größere Periheldistanzen (gegen 1.0 und größere als 1.0) am häufigsten mit niedrigen, sei es nördlichen oder südlichen Perihelbreiten (0 bis + 30° und 0 bis —30°) verbunden vorkommen.

Die zwei 1. Beziehungen lassen sich in folgender Weise noch allgemeiner ausdrücken. Wir sehen auf der nördlichen Erdhemisphäre von den Kometen mit stark nördlichen Perihelbreiten hauptsächlich diejenigen, welche mit größern Periheldistanzen, und am wenigsten die, welche mit ganz kleinen Periheldistanzen verbunden sind, von den Kometen mit stark südlichen Perihelbreiten hauptsächlich diejenigen, welche mit ganz kleinen, und am wenigsten die, welche mit größern Periheldistanzen verbunden sind. Auf der südlichen Erdhemisphäre ist für südliche, beziehungsweise nördliche Perihelpunkte dasselbe zu erwarten.

Es sind also die zwei 1. Beziehungen eine Folge des Standpunktes der meisten Kometenentdecker unter höhern, und zwar zumeist nördlichen geographischen Breiten, während die dritte von der Erdhemisphäre unabhängig ist und auch bei Kometenentdeckungen in Äquatorgegenden zu erwarten wäre.

---

[1]) Anzeiger der Wiener Akademie 1902. p. 320.

Die zweite und dritte dieser Beziehungen können als eine Folge des Satzes erklärt werden, daß die Kometen desto leichter sichtbar werden, je größer die Helligkeit ist, die sie für uns erlangen, und daß diese Helligkeit desto größer wird, je mehr die Zeit der Erdnähe mit der Perihelzeit zusammentrifft, während die erste, sich entgegengesetzt verhaltende Beziehung dadurch entsteht, daß dieser Helligkeitssatz in seiner 2. Hälfte auf Kometen mit kleinen Periheldistanzen keine Anwendung hat, indem diese Kometen nicht im Perihel, sondern nur weit vom Perihel in die Erdnähe kommen und daher auch meistens nur weit vom Perihel beobachtet werden können.

Photographische Aufnahmen des Kometen b 1902 auf der Licksternwarte.[1]) Über diese Aufnahmen gibt R. H. Curtiß Nachbildungen und Beschreibungen, von jenen sind einige auf Tafel I wiedergegeben.

Auf der 1. Platte mit langer Exponierung (September 3) zeigt der Komet einen sekundären Schweif.

Am 4. Oktober wurde 6 Stunden hindurch exponiert, während deren der Schweif seine Position um 2.5° änderte, und dementsprechend ist nur wenig Detail in dem Kometenbilde zu erwarten. Der Hauptschweif erscheint schmal und gerade, der andere fast ebenso hell, aber halb so lang und gekrümmt. Der Kern erscheint umgeben von Nebel.

Oktober 25. Von dem sekundären Schweife ist mit Gewißheit nichts zu erkennen, der Hauptschweif zeigt dagegen interessante Formen. Der Kern ist groß, die Koma hat sich wenig geändert. Die Nebelmaterie erstreckt sich auf der der Sonne abgewandten Seite weiter wie auf dieser.

Oktober 26. Während der letzten 24 Stunden hat der Schweif seine Gestalt völlig geändert, er ist am Kopfe schmal, erbreitert sich aber weiterhin plötzlich, und mitten in dieser Erbreiterung zeigt sich ein dunkler Spalt.

Oktober 29. Der Schweif ist am Kopfe breit, wird darauf schmäler und dann wieder breiter und umschließt einen schmalen dunklen Strich.

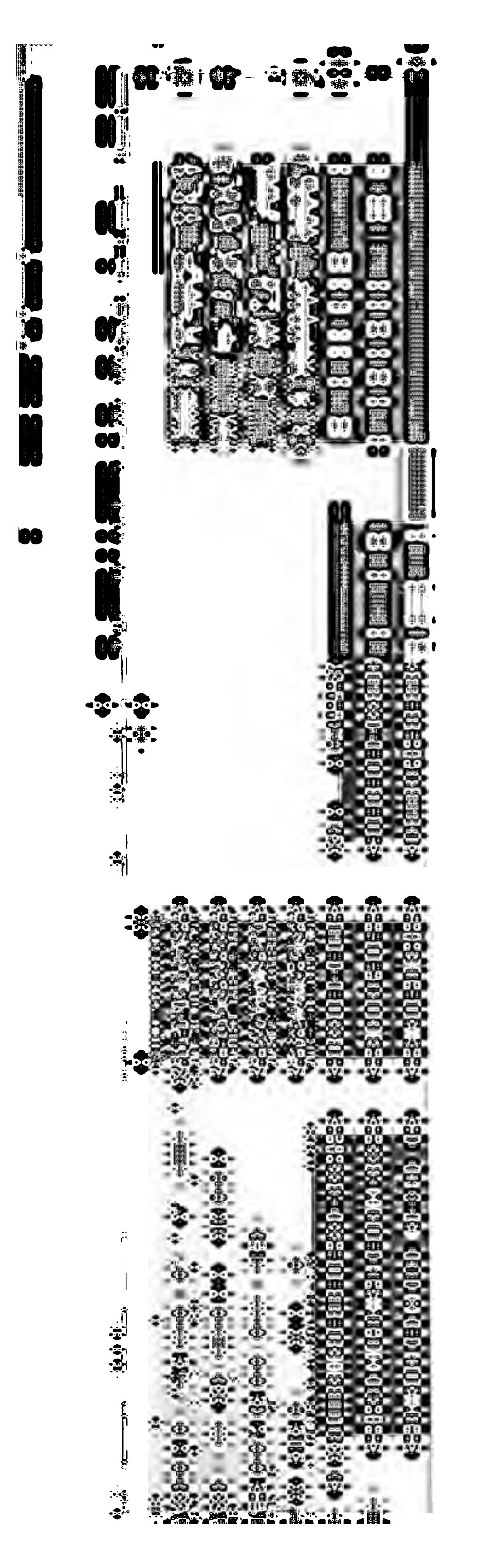
Oktober 31. Diese Aufnahme lieferte das interessanteste Bild des Kometen von allen. Der Hauptschweif zeigt nicht weniger als acht feine Striche, die sich von ihm nach auswärts verlieren.

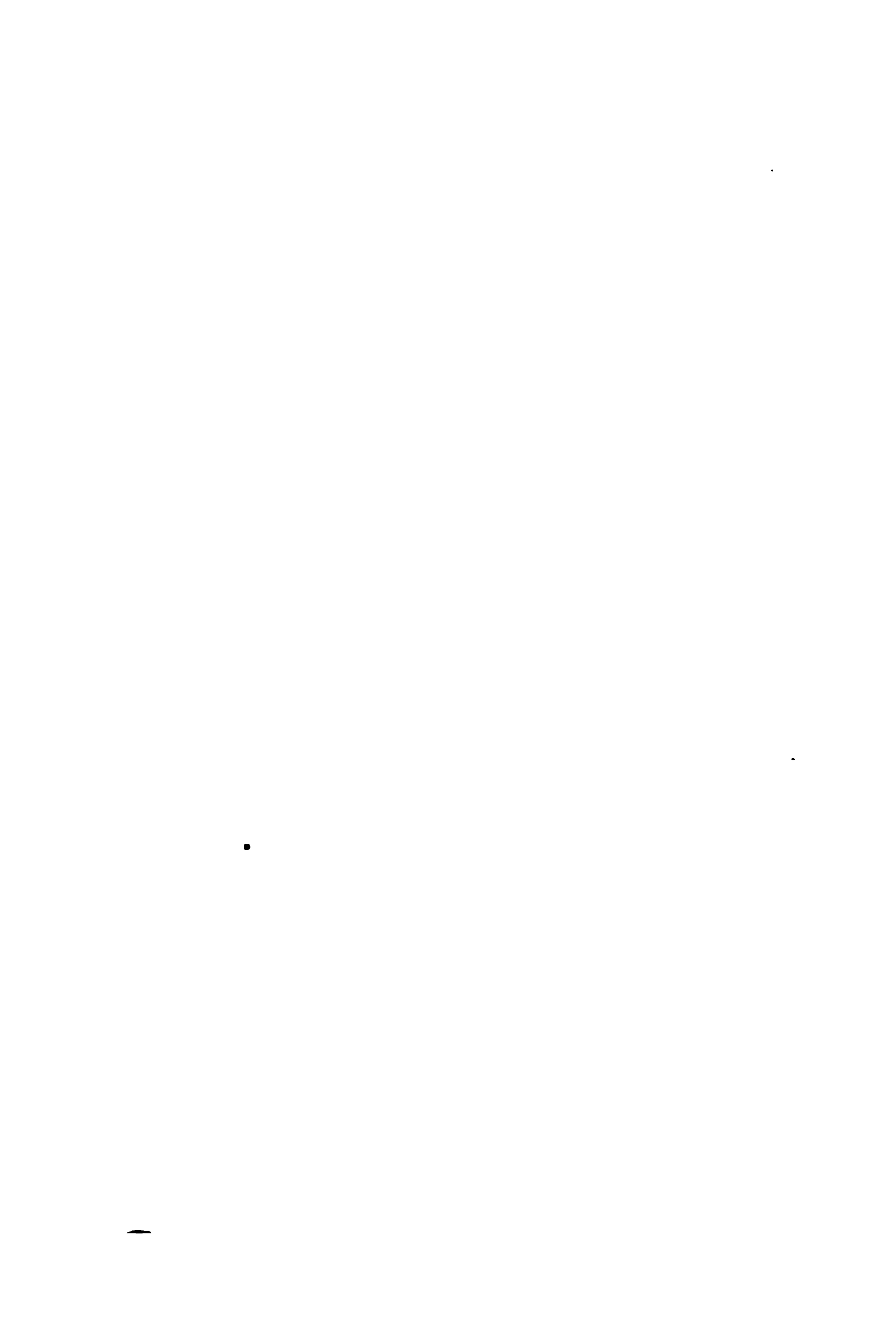
November 1. Die feinen Striche von gestern scheinen zu verschwinden, doch sind noch vier oder fünf vorhanden, sonst hat sich das Aussehen des Schweifes wenig geändert. Die Nebelmaterie um den Kern ist in merklichem Maße geschwunden.

November 2. Der Schweif erscheint am Kopfe des Kometen sehr scharf und schmal mit einem sehr schwachen, kurzen Ausläufer an jeder Seite. Weiterhin zeigt sich ein schmaler Ausläufer vom

---

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 42.





Hauptschweife getrennt, welch letzterer breiter wird, dann wieder schmaler erscheint und sich in wechselnder Breite bis zum Ende der Platte fortsetzt. In einem gewissen Abstande hinter dem Kopfe des Kometen zeigt sich eine ansehnliche Nebeligkeit rings um den Schweif.

Transparenz des Kometen b 1902. Am 14. Oktober ging dieser Komet in einer Entfernung von etwa 1′ an einem Sterne 7.12 Größe vorüber, während die Koma einen Durchmesser von 5 oder 6′ besaß. Prof. Wendell hat gelegentlich des Vorüberganges diesen Stern am 15-zolligen Refraktor, der mit einem Polarisationsphotometer versehen war, mit einem Sterne 8.19 Größe verglichen. Im ganzen wurden 8 Reihen von Messungen ausgeführt, welche übereinstimmend zeigten, daß eine Helligkeitsverminderung durch Absorption des Sternenlichtes in der Koma des Kometen nicht stattfand oder höchstens nur 0.01 bis 0.02 Sterngröße betragen haben kann.[1])

Komet c 1903 (Borrelly). Von diesem Kometen sind auf der Licksternwarte photographische und spektroskopische Aufnahmen gemacht worden.[2]) Die photographischen Aufnahmen daselbst begannen gleich in der auf die Entdeckung folgenden Nacht, und bis zum 15. Juli waren 9 Exponierungen von 38 Minuten bis 4 Stunden Dauer ausgeführt mit einer Dallmeyercamera von 15 *cm* Öffnung und 82.6 *cm* Brennweite, sowie drei mit einer Floydcamera von 13 *cm* Öffnung und 178 *cm* Brennweite. Auf diesen Platten zeigt der Komet 2 Schweife, von denen der eine nahezu gerade, der andere gekrümmt erscheint. Der letztere ist kurz und sehr hell, der andere dagegen länger, aber schwächer. Eine 5^h lang exponierte Platte vom 23. Juni zeigt beide Schweife weit getrennt, der gerade ist am Kopfe des Kometen schmal, erbreitert sich aber später und hat eine Länge von 1.5^0. Auf der Platte vom 29. Juni erscheint er in 2 Arme getrennt, die schon am Kometenkopfe getrennt sind und etwas divergieren. Der sekundäre Schweif war am 30. Juni 1.5^0 lang, der andere 5^0 und wie in der vorhergehenden Nacht geteilt. Ein Arm davon erschien gerade, der andere wellig gekrümmt und breiter. In der darauffolgenden Nacht erschien dieser Schweif scharf und einfach. Die Platten vom 12. und 13. Juli zeigen 2 Schweife, den Hauptschweif schmal und gerade, den sekundären Schweif dagegen noch erheblich gekrümmt. Auf der Platte vom 12. Juli (mit 38^m Expositionsdauer) ist der Hauptschweif 4^0, der andre 1.5^0 lang. Die Platte vom 14. Juli ($1^h\,48^m$ Expositionsdauer) zeigt einen geraden, schmalen Schweif von 8.5^0 Länge, der sich vom Kopfe des Kometen ab ein wenig ausbreitet. Auf allen Platten ist der Kern des Kometen scharf und zentral in der Nebelhülle (Koma)

---

[1]) Harvard-Observatory Bulletin Nr. 68.

[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 47.

des Kopfes. Während dieser Aufnahmen näherte sich die Erde rasch der Ebene der Bahn des Kometen, und gleichzeitig nahm der Winkel zwischen den beiden Schweifen scheinbar ab, bis beide auf der Platte vom 14. Juli zusammenfallen. Das Spektrum des Kometen ist am 15. Juli auf der Lickswarte am Croßleyreflektor mit fünfstündigem Exponieren aufgenommen worden.[1] Es zeigt die gleichen 5 Banden, welche bei den Aufnahmen der frühern Kometen 1893 (Rordame) und b 1894 (Gale) von Campbell erhalten wurden. Auch die relativen Helligkeiten dieser Banden sind die gleichen wie früher, mit Ausnahme der Bande von der Wellenlänge β 420, die diesesmal überaus schwach erscheint. Außer diesen Banden zeigt sich ein sehr kleines kontinuierliches Spektrum. Am 36-zolligen Refraktor war am 14. und 15. Juli ein relativ helles kontinuierliches Spektrum des Kometen mit den drei charakteristischen Banden zu sehen, die hellste der letztern bei der Wellenlänge λ 4700. Ein Versuch, an diesem Refraktor das Spektrum zu photographieren, gelang nicht, denn selbst nach sechsstündigem Exponieren waren auf der Platte nur Spuren der Linie λ 4700 zu sehen.

Bredichins mechanische Theorie der Kometenerscheinungen. Prof. Th. Bredichin hat vor einigen Jahren die Hauptergebnisse seiner Untersuchungen über die Kometenerscheinungen in einer Abhandlung veröffentlicht, die in russischer Sprache geschrieben und deshalb der wissenschaftlichen Welt außerhalb Rußlands kaum zugänglich ist. Von derselben gab ein R. Jaegermann eine vom Verfasser gebilligte deutsche Übersetzung,[2] welche im wesentlichen folgendes enthält:

Die mechanische Theorie der Kometenerscheinungen nimmt an, daß die Kometenausströmungen und die Schweife aus Teilchen von wägbarem Stoffe bestehen, deren Verdünnung bis zu Atomen oder Molekeln vorgeschritten ist. Alle die Formen der Schweife, ihre Lage und Veränderungen bedingenden Bewegungen dieser Teilchen im Raume, sind dem Newtonschen Gesetze bei einer von der chemischen Eigenschaft der Teilchen abhängigen Größe der Sonnenrepulsionskraft, unterworfen. Diese Repulsion erzeugt, zusammen mit der Newtonschen Sonnenattraktion, die effektive Kraft. Indem in die Bewegungsformeln ein Impuls eingeführt wird, welchen die Kometenteilchen in Form einer Anfangsgeschwindigkeit in der Richtung zur Sonne erhalten, konstruiert die Theorie völlig einfach alle durch die Beobachtungen gegebenen Kometenformen. Sie setzt die physische Natur der Sonnenrepulsion als unbekannt voraus und stellt sich lediglich die Aufgabe, die Bewegung der ponderablen Teilchen der

[1] Lick-Observatory Bulletin Nr. 47.

[2] Naturwiss. Rundschau, Braunschweig 1903 Nr. 26 u. 27.

Materie zu verfolgen, welche den nach ein und demselben Newtonschen Gesetz wirkenden attraktiven und repulsiven Kräften unterworfen sind.

Die beobachteten komplizierten Formen der Kometen erhalten eine einfache Erklärung und die Möglichkeit einer geometrischen Konstruktion durch die aus den Beobachtungen festgestellte Tatsache, daß verschiedenartige, vom Kometen sich loslösende Stoffe einer verschiedenen Repulsionskraft unterworfen sind, wobei diese Verschiedenheit sich sogar in einer verschiedenen Anfangsgeschwindigkeit äußert. Eine Komplikation der Form entsteht noch dadurch, daß die Kometenausströmungen, gemäß den direkten Beobachtungen, ihre Dichtigkeit entweder periodisch oder stoßweise ändern und dadurch Unterbrechungen in der Ausströmung selbst und folglich auch im Schweife hervorrufen. Endlich ist der Ausströmungssektor, den unmittelbaren Beobachtungen zufolge, periodischen Schwingungen um den Radiusvektor sowie einer Verbreiterung unterworfen, welcher Umstand großen Einfluß auf die Schweifform besitzt.

Die Stofflichkeit der vom Kerne in der Richtung zur Sonne ausgehenden und darauf in den Schweif zurückbiegenden Ausströmung ist auch durch die Spektralbeobachtungen erwiesen; die Spektrallinien der Ausströmung und der durch dieselben gebildeten Anfangsform des Schweifes, welche überhaupt der Kopf des Kometen genannt werden kann, beweisen die Gegenwart bestimmter chemischer Elemente und ihrer Verbindungen. Die Spektrallinien werden durch die im elektrischen Glühzustande sich befindenden Dämpfe und Gase hervorgerufen, wie in den Geißlerschen Röhren die Spektrallinien von den chemischen Eigenschaften des das Rohr erfüllenden, verdünnten Gases abhängen. Bei größerer Entfernung der Gase vom Kopfe, d. h. im Schweife, verringert sich schnell der Zustand des Selbstglühens, und das Polariskop weist im Schweife die Gegenwart von Sonnenlicht nach, welches natürlich nur von irgend einer Materie reflektiert sein kann.

Bredichin verweist bezüglich der neuern Kometen auf die Photographien der Kometen 1893 II und 1893 IV und in betreff der ältern auf die Zeichnungen des großen Kometen 1882 II. Letzterer besaß am Schweifende zwei ungeheure Verdichtungen, welche als Schmidtsche Wolken bezeichnet werden, da dieser Beobachter am genauesten fast jeden Tag im Laufe eines ganzen Monats ihre Lage zwischen den Sternen bestimmte. Bredichin hat an mehrern Abenden ihre Form gezeichnet und erkannt, daß ihre Struktur mit voller Deutlichkeit sich als faserig erwies, so wie dieses oft bei unsern Federwolken zu sehen ist. Die gegenseitige Lage dieser zarten Fasern änderte sich allmählich von Tag zu Tag infolge der ungleichen Geschwindigkeit in den verschiedenen Teilen der Wolken. Die mittlere Geschwindigkeit dieser letztern im Raume betrug ungefähr sechs geographische Meilen in der Sekunde.

Diese Wolken gehörten der Substanz und der Kraft nach dem 2. Bredichinschen Kometenschweiftypus an; wenn sie vom 1. Typus gewesen wären, so würde die mittlere Geschwindigkeit auch nur ungefähr dreizehn geographische Meilen in der Sekunde betragen haben.

Die von Prof. Hussey erhaltenen Aufnahmen des Kometen 1893 II zeigen an einem Tage drei knotenförmige, unregelmäßige Verdichtungen; am folgenden Tage ist auf der ganzen Schweiflänge keine einzige Verdichtung mehr sichtbar, und der Schweif stellt sich als ein gleichmäßiger Streifen, als helles Strahlenbüschel dar. Auf den Photographien der Verdichtungen, welche nach je einer Stunde aufgenommen sind, ist die Bewegung der Verdichtungen schon bemerkbar. und Hussey bestimmte mikrometrisch die Größe dieser Bewegung. Es ergab sich im Mittel aus den 3 Verdichtungen eine Geschwindigkeit im Raume 12,8 geographische Meilen in der Sekunde.

Der Schweif des Kometen war überhaupt schwach und ziemlich kurz, so daß die auf der Platte erhaltene Länge nur etwas mehr als 6° betrug. Zieht man die lineare Länge des Schweifes und die oben angeführte Schnelligkeit (12,8 geographische Meilen) in Betracht, so ist sogleich ersichtlich, daß am andern Tage die Stoffverdichtungen sich schon weit hinter dem Schweifende befinden mußten; aus diesem Grunde konnten sie nicht mehr in den Grenzen der Platte, welche den Kopf des Kometen enthielt, fixiert werden. Es ist klar, daß zu einer solchen Metamorphose in der Schweiffigur durchaus nicht Lichtgeschwindigkeiten erforderlich sind.

Auf einer Reihe photographischer Aufnahmen vom Kometen 1893 IV wurden die ersichtlichen Formen und Lagen von Bredichin mit der Theorie verglichen; es ergab sich, daß die wolkenartigen Verdichtungen, welche sich von Tag zu Tag den Schweif entlang bewegten, eine Bewegungsgeschwindigkeit im Raume besaßen, welche der oben angeführten sehr nahe kommt. Natürlich können die Geschwindigkeiten der Kometenteilchen unter Umständen erheblich größer werden, als die angeführten. Dies kann dann stattfinden, wenn die Periheldistanz des Kometen sehr gering ist; die Teilchen, welche den Kometen auf sehr kleinen Entfernungen desselben von der Sonne verlassen, erreichen alsdann sehr große Geschwindigkeiten. Es kann z. B. für Kometen, deren Bahnen der Bahn des Kometen 1882 II sehr ähnlich sind, leicht gefunden werden, daß die Teilchen des 1. Typus, welche den Kern bei einer Entfernung von der Sonne gleich 0,005 verlassen haben, in einer Entfernung 0,2 vom Kerne eine Geschwindigkeit von 360 geographischen Meilen in der Sekunde erhalten können. Diese Größe unterscheidet sich nur sehr wenig von der maximalen, möglichen Geschwindigkeitsgrenze, welche die Bewegung der Schweifteilchen erreichen kann.

Für das Maximum der Kraft des 2. Typus beträgt die Geschwindigkeit der Schweifteilchen unter den obigen Bedingungen

115 geographische Meilen in der Sekunde; der Kern selbst besitzt in der Entfernung 0,005 von der Sonne eine Geschwindigkeit von 82 geographischen Meilen in der Sekunde.

Es sei bemerkt, daß Schweife mit solchen Geschwindigkeiten der Teilchen niemals beobachtet wurden. In der Tat durchlaufen in einer solchen Nähe bei der Sonne die Kometenkerne einen Bogen von 300° in etwas mehr als 24 Stunden; die Teilchen reißen sich also vom Kerne los mit einer ungeheuren Geschwindigkeit und in äußerst schnell sich ändernden Richtungen. Es ist völlig begreiflich, daß unter solchen Bedingungen die gewöhnlich sehr verdünnte Schweifmaterie im wahren Sinne des Wortes bis zur Unsichtbarkeit im Raume zerstreut wird.

Eine andere Art schneller, sichtbarer Veränderungen der Lage und zugleich der Form der Schweifbildungen finden wir ebenfalls bei frühern Kometen, und einfache Berechnungen erklären ihre Ursache.

Der große Komet 1861 II besaß vor und nach Mitternacht am 30. Juni zwei regelmäßige Konoide des 1. und 3. Typus mit der gewöhnlichen Verbreiterung zum Ende hin. Gegen $12^h\ 30^m$ M. Z. Greenwich bot der Komet nach den Beobachtungen und der Zeichnung von Williams in Liverpool, welche durch Webb in London bestätigt wurden, eine ungewöhnliche Erscheinung dar: sein Schweif bildete eine Art Fächer, welcher in einem Winkel von 80° geöffnet war; in demselben befanden sich fünf einzelne, fast gleichmäßig verteilte Strahlen oder Büschel von 45° Länge; der Raum zwischen den Strahlen war namentlich in der Nähe des Kopfes von einem weniger hellen Stoffe angefüllt. Die Strahlen änderten sehr schnell ihre Lage am Himmel. Secchi in Rom beobachtete um $11^h\ 30^m$ und Schmidt in Athen um $11^h\ 43^m$ zwei dem äußern Ansehen nach gewöhnliche Konoide. In Moskau beobachteten am 30. Juni bei hellem Nordhimmel Schweizer und Bredichin eine Ausströmung des Kernes, die aus fünf hellern, einzelnen Strömen oder Strahlen bestand. Ein Vergleich der 5 Büschel des Schweiffächers mit den 5 Ausströmungsstrahlen führte zur Überzeugung, daß die Strahlen der Ausströmung den Büscheln im Schweifkonoide entsprachen.

Während dieser ungewöhnlichen Erscheinung befand sich der Kometenkern zwischen der Erde und der Sonne, in einer Entfernung von der Erde, welche etwas mehr als 0,1 der Entfernung zwischen der Erde und der Sonne betrug. Der lange Schweif zog sich nach Norden derart über die Erde hin, daß seine nächsten Teile von der Erde weniger als 0,02 Erdbahnradien, d. h. etwa 0,4 Million geographische Meilen abstanden. Eine einfache geometrische Zeichnung genügt völlig, um zu zeigen, welchen Einfluß auf die Schweifrichtung die Perspektive hervorrief. Bei der bedeutenden gegenseitigen Bewegung des Kometen und der Erde konnte eine solche Perspektivewirkung nicht lange anhalten, und in wenigen Stunden mußte der

Fächer sich so bedeutend zusammenfalten, daß der Schweif wieder seine normale Figur annahm, welche vor dem Eintritte der durch die Perspektive hervorgerufenen Eigentümlichkeiten beobachtet wurde.

Zugunsten der Materialität der Schweifteilchen spricht deutlich die Notwendigkeit der Annahme einer Verschiedenheit der Molekulargewichte oder der Dichtigkeit, woraus umgekehrt die Verschiedenheit der repulsiven Kraft und der Anfangsgeschwindigkeit der Ausströmung aus dem Kerne sich ergibt. Eine ungeheure Verschiedenheit äußert sich, wie viele Beispiele zeigen, in den Schweifen verschiedener Typen bei einem und demselben Kometen. Der große Komet 1861 II besaß 2 Schweife (1. und 3. Typus), welche sich scharf voneinander unterschieden, sowohl durch ihre Krümmung und Ablenkung vom verlängerten Radiusvektor, als auch durch ihre Länge, ihr Licht und ihre paraboloidförmigen Hüllen auf der Sonnenseite. Aufmerksame Beobachtungen und genaue Zeichnungen zeigen, daß der Radius der Hülle des 3. Typus zweimal größer war als der Radius der Hülle des 1. Typus, so daß das Konoid des 3. Typus beim Kopfe und auch weiterhin breiter war, als das des 1. Typus. Bei einem bestimmten Verhältnis der Kräfte einerseits und der Anfangsgeschwindigkeit anderseits ist auch die theoretische Möglichkeit einer solchen gegenseitigen Lage der Stoffhüllen von verschiedener Dichtigkeit gegeben. Als Illustration zu allem diesen sind die Zeichnungen des Kometen sehr wertvoll, welche J. Schmidt unter dem klaren Himmel von Athen entworfen hat.

Auf einer gewissen Entfernung vom Kopfe brach das Konoid des 1. Typus sich sozusagen seine Bahn durch das Konoid des 3. Typus und ließ letzteres im Sinne der Bewegung des Kometen im Raume hinter sich zurück.

Äußert sich der Dichteunterschied der Teilchen in den repulsiven Kräften und in den Anfangsgeschwindigkeiten nicht so stark und so scharf, wie bei dem 1. und 3. Typus, sondern bildet sie vielmehr eine gewisse Aufeinanderfolge nicht bedeutend voneinander sich unterscheidender Größen (verschiedene Kohlenwasserstoffe, leichte Metalle usw.), so werden die entsprechenden Konoide auch nicht so stark wie die Typen 1 und 3 auseinandergehen, sondern sich unbedeutend voneinander trennen und wenig abgelenkt sein. In diesem Falle bildet sich ein Konoidensystem, welches im ganzen mehr gegen sein Ende hin ausgebreitet ist, als ein jedes einzelne Konoid des einen oder andern Stoffes. Eine solche Form besaß im allgemeinen der Hauptschweif des großen Donatischen Kometen (1858 VI).

Wenn die Ausströmung aus irgend einem Grunde eine gewisse Zeit hindurch unterbrochen wird, so muß im Schweife ebenfalls eine Unterbrechung auftreten. Die Zeichnungen früherer Kometen geben uns mehr als ein Beispiel einer solchen Unterbrechung, ja sogar mehrerer. Es ist unter anderem beim Kometen 1873 V auf den prachtvollen Zeichnungen von Tempel in Florenz ein Schweif zu

sehen, welcher auf diese Weise vom Kometen abgerissen ist und im Raume seine eigene Bahn — oder besser gesagt — ein System von Bahnen beschreibt, nämlich jedes Teilchen eine andre. Die Ausströmung ist allmählich versiegt, indem sie immer schmaler wurde, weshalb auch der Schweif bis zur Trennungsstelle an Breite beständig abnahm.

Unter den in den letzten Jahren sorgfältig photographierten Kometen hat der Komet 1893 IV Wolkenbildungen aufzuweisen, welche sich in der Schweifrichtung von ihm losgelöst haben. Diese Wolken verbleiben aber innerhalb des theoretischen Konoids und bewegen sich von Tag zu Tag auf ihren Bahnen mit Geschwindigkeiten, welche im Mittel zwölf geographische Meilen in der Sekunde betragen.

Unter den alten Kometen gibt es ebenfalls Fälle der Trennung des Schweifes in mehrere einzelne Stücke. Die Kurven, welche letztere mit dem Kopfe des Kometen verbinden, geben die durch die Theorie angezeigte Figur des Konoids.

Das Ausströmungsbüschel behält nicht immer eine unveränderliche Richtung in bezug auf den Radiusvektor; es können viele Beispiele angeführt werden, wo es Schwingungen vollzieht, welche in einigen Fällen eine gewisse Zeit hindurch unzweifelhaft periodisch waren.

Wollte man annehmen, daß die Ausströmung und der Schweif Lichterscheinungen seien, d. h. daß sie aus Lichtstrahlen mit deren Geschwindigkeiten bestehen, so könnte man gegen die Schwingungen, die wahrscheinlich von den Schwingungen des Kerns abhängen, nichts Besonderes einwenden; im Schweife könnte man aber bei der großen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen niemals diejenigen Formen konstatieren, deren Auftreten nur dank der mäßigen, im Vergleiche mit der Lichtgeschwindigkeit sogar sehr kleinen Geschwindigkeit der vom Kerne in den Raum sich fortbewegenden Schweifteilchen sich als möglich erweist.

Beim Kometen 1893 IV ist auf der Photographie vom 21. Oktober der in der Nähe des Kerns befindliche Teil des Schweifes konkav, und diese Konkavität ist im Sinne der Bahnbewegung nach vorn gekehrt; in der Mitte des Schweifes ist die Krümmung der Figur nach der entgegengesetzten Seite gewendet, und der Schweif liegt zugleich an dieser Stelle vor dem verlängerten Radiusvektor; gegen das Ende hin ist der Schweif wieder hinter den Radius abgelenkt. Diese Krümmungen beweisen schon, daß im sichtbaren Teile des Schweifes (auf der Photographie vom 21. Oktober) die Spuren dreier Schwingungen, welche in den vorhergehenden Tagen stattgefunden haben, nachgeblieben sind.

Beim Kometen 1862 III ist eine solche Welle auf der prachtvollen Zeichnung von Schmidt zu sehen. Dasselbe wurde beim Kometen 1894 II (Gale) beobachtet. Bei diesen beiden letzten Kometen

wurde die Figur noch durch eine äußerst interessante Erscheinung kompliziert, von der weiter unten die Rede sein wird, und welche noch besser diese Betrachtungen bestätigt.

In alten Kometenzeichnungen finden sich Schweife, welche ihrer ganzen Länge nach wellenförmig sind. Nach dem zu urteilen, was uns über die Kometenerscheinungen des 19. Jahrhunderts bekannt ist, muß man diesen Zeichnungen gegenüber mit wissenschaftlicher Kritik verfahren und darf sie nicht grundlos verwerfen.

Schmidt in Athen beobachtete einige Male mit größter Deutlichkeit die Knotenbildung beim Kometen 1862 III. Der Schweif war nicht lang, und seine Zweige kreuzten sich hinter dem Kerne derartig, daß sie zusammen mit dem Kopfe die Form des griechischen Buchstabens Gamma (γ) bildeten. Infolge der einige Male sich wiederholenden Ausströmungsschwingungen bewegten sich die Zweige bald gegeneinander, einen Knoten bildend, bald wieder auseinander, so daß der Knoten schweifabwärts sich bewegte. Es wiederholte sich somit die Gammaform einige Male nach einer bestimmten Anzahl von Tagen. In einer speziellen Abhandlung über diesen Kometen hat Prof. Bredichin mit Hilfe der aus den Beobachtungen abgeleiteten Schwingungsdauer, Anfangsgeschwindigkeit und Repulsionsgröße durch Berechnung und graphische Konstruktion die Entstehung dieser sonderbaren Schweiffigur erläutert.

In dem kleinen Schweife des Kometen 1894 II wurde ebenfalls, und zwar von M. Wolf, die Gammaform beobachtet. Es sind dieses die Komplikationen, von denen bei Erwähnung der wellenförmigen Struktur in diesem Kometen die Rede war. Die neue Theorie muß ähnliche Formen im Auge behalten, da in ihnen die ponderable Ausströmungsmaterie sich sowohl durch ein verschiedenes Gewicht der Teilchen, als auch durch verschiedene Anfangsgeschwindigkeiten kundgibt.

Stellen wir uns noch eine Komplikation vor. Es möge die Ausströmungsmasse aus Stoffen von verschiedenem Molekulargewichte bestehen; letztere mögen noch eine Reihe sich wenig voneinander unterscheidender Größen, wie es sehr oft bei den Schweifen des 2. Typus der Fall ist, bilden. Teilchen von verschiedenem Gewichte besitzen, wie schon oben bemerkt, auch verschiedene Anfangsgeschwindigkeit und sind verschiedener Repulsionskraft unterworfen. Es möge ferner die Materie aus dem Kerne nicht in kontinuierlichem Strome entweichen, sondern stoßweise mit Unterbrechungen in Form einzelner Wolken, welche aufeinander nach solchen Zeitintervallen folgen, daß im Schweife selbst die Teilchen jeder Ausströmungswolke sich nicht mit den Teilchen der vorausgehenden und nachfolgenden Wolke mischen. Eine dem Kerne entströmte Wolke bildet um ihn eine runde Nebelhülle, welche darauf in den Schweif übergeht. In letzterem werden die Teilchen jeder Wolke von bestimmtem Gewichte, einen entsprechenden Stoffring geben; die Ringe leichterer Teilchen

werden während eines bestimmten Zeitintervalls sich am meisten vom Kerne entfernen, werden sich aber zugleich näher beim verlängerten Radiusvektor befinden; je schwerer die Teilchen sind, desto weniger werden sie sich in demselben Zeitintervall vom Kerne entfernen, und desto weiter werden sie hinter der Verlängerung des Radiusvektors des Kometen zurückbleiben. Das ganze System aller voneinander wenig abstehenden Stoffringe einer und derselben Ausströmungswolke bildet im Raume ein hohles Konoid, welches sich in einer zur Achse der allgemeinen Schweiffigur etwas geneigten Richtung befindet, und diese allgemeine Schweiffigur würde im Falle einer kontinuierlichen Ausströmung auftreten. Eine 2. Ausströmungswolke bildet ein zweites ähnliches Konoid usw. Die vordere und (im Sinne der Bewegung im Raume) nachfolgende Begrenzungslinie des ganzen Schweifes werden durch die vordern und nachfolgenden Enden der auf diese Weise gebildeten hohlen Konoide gehen. Ein jedes Konoid besteht aus Stoffen, welche den Kern zu gleicher Zeit verlassen haben; aus diesem Grunde kann es als ein Isochronengebilde bezeichnet werden. Die in einer bestimmten Richtung in demselben gezogenen Linien, unter anderem auch seine Achse, können »Isochronen« genannt werden, zum Unterschiede von den Kurven, welche durch Teilchen gehen, die den Kern in verschiedenen Momenten verlassen haben, jedoch von ein und derselben Kraft in Bewegung gesetzt werden, und welche deshalb »Isodynamen« genannt werden können.

Sind die Zeitintervalle zwischen den Auswürfen der einzelnen Wolken nicht groß genug, daß die Bildung einzelner, isochroner Konoide ermöglicht ist, so werden diese Konoide in größerem oder geringerem Maße miteinander zusammenfallen, und anstatt getrennter, hohler Konoide werden im Schweife je nach der Lichthelligkeit mehr oder weniger deutliche und mehr oder weniger verdichtete Isochronenstreifen auftreten.

Bei ein und demselben Kometen kann die Ausströmung eine Zeit kontinuierlich sein und darauf in Form mehr oder weniger getrennter, wolkenförmiger Gebilde auftreten usw. Es ist klar, daß auf Grund der Anzahl der einzelnen Isochronenkonoide im Kometen ein Schluß auf die Zahl der einzelnen, d. h. nach genügenden Zeitintervallen ausgeströmten Wolken gezogen werden kann.

Ein schönes Beispiel der Entwicklung einzelner, isochroner Konoide bietet der große Komet vom Jahre 1744. Er wurde von De Chéseaux, Kirch, De l'Isle und Heinsius sehr sorgfältig beobachtet und beschrieben, und diese Beobachtungen zeigen im Schweife dieses Kometen fünf völlig getrennte, hohle Konoide. Als Ergänzung zu diesem sind auf den Zeichnungen von Heinsius im Kometenkopfe 5 Ausströmungshüllen zu sehen, welche sich nacheinander in bestimmten Zeitintervallen bildeten, sich immer mehr und mehr vom Kerne entfernten und darauf in den Schweif übergingen.

Die isodynamen Konoide können ebenfalls bei einem bedeutenden Unterschiede zwischen den Gewichten der Teilchen, welche aufeinander sprungweise folgen, im Falle kontinuierlicher Ausströmung in einer gewissen Entfernung vom Kerne als einzelne, getrennte Konoide sich darstellen. Ihrer Lage in bezug auf den verlängerten Radiusvektor und ihrer Form nach unterscheiden sie sich jedoch von den isochronen Konoiden. Die Berechnung zeigt gleich, zu welcher Art Erscheinung eine beobachtete Bildung zu zählen ist.

Beim großen Kometen Donati (1858 VI) folgten die einzelnen Hüllen im Kopfe, d. h. die einzelnen wolkenartigen Ausströmungen der Materie, nach kleinern Zeitintervallen aufeinander, und die Folge davon war, daß auf einer bestimmten Ausdehnung des Schweifes Isochronenstreifen auftraten, deren Enden dem vordern, hellern Schweifrande einen etwas gezahnten Anblick verliehen. Man kann sich leicht die Möglichkeit noch größerer sichtbarer Komplikationen in der beobachteten oder photographierten Schweifstruktur vorstellen, wenn die oben einzeln betrachteten Bedingungen entweder gleichzeitig oder in einer gewissen Reihenfolge auftreten werden. Auch muß hier nochmals wiederholt werden, daß eine jede neue Theorie die beschriebenen charakteristischen Bildungen, welche eben auf die Verschiedenartigkeit der ponderablen Materie und auf mäßige Geschwindigkeiten im Raume hinweisen, nicht außer acht lassen darf.

Es könnten noch einige verhältnismäßig geringe Eigentümlichkeiten angeführt werden, welche sich direkt aus den Grundprinzipien der Bredichinschen Theorie ergeben.

Diese Theorie ist, wie im Anfange bemerkt, hauptsächlich eine mechanische, die unter gewissen Annahmen über die Kräfte und die Anfangsumstände der Bewegung, die Fortpflanzung ponderabler Teilchen im Raume und die hierdurch entstehenden Formen und die Lage des ganzen Ausströmungsbildes konstruiert. Die physische Ergänzung derselben gründet sich auf bekannte Analogien mit den elektrischen Erscheinungen, wie sie sich in den verdünnten Gasen und Dämpfen äußern. Es muß aufrichtig gewünscht werden, daß es der einen oder andern aus physikalischen Experimenten oder Betrachtungen hervorgehenden Theorie gelingen möge, die in Rede stehende physische Ergänzung genügend zu begründen und klar auseinanderzusetzen.

Da ferner aus den zahlreichen Beobachtungen eine lange Reihe von Zahlenwerten für die Repulsionskraft erhalten worden ist, so konnte die Theorie den Umstand nicht außer acht lassen, daß diese Werte von selbst sich in einige Gruppen einteilen ließen, welche durch die sie trennenden Zahlenlücken interessant sind. Gleichzeitig wies das Spektroskop in den Ausströmungen vom 2. Typus, bei dem die Repulsionskraft zahlenmäßig den weitesten Spielraum umfaßt, die Gegenwart bekannter chemischer Verbindungen — der Kohlenwasserstoffe, leichter Metalle usw. — nach. Der Analogie gemäß hat Prof. Bredichin eine Beziehung zwischen den maximalen Kraft-

größen und den kleinsten Gewichten der Molekeln bekannter Elemente angenommen.

Auf diese Weise mußte die größte Repulsivkraft des 1. Typus den Wasserstoffmolekeln zugeschrieben werden. Die Bildungen dieses Typus sind von so geringer Dichtigkeit, daß es als ganz natürlich ist, daß das Spektroskop bis jetzt nicht mit Genauigkeit die chemische Eigenschaft seines Stoffes feststellen konnte. Hieraus ist zu ersehen, daß die untere Grenze der Molekulargewichte und der Kraftgrößen viel genauer als die obere festgestellt ist. Die Analogie gibt hier nur einen Fingerzeig: für die maximale, durch die Berechnung der Beobachtungen gefundene Kraftgröße muß das minimale Atom- oder Molekulargewicht angenommen werden.

Wird die Voraussetzung gemacht, daß die Kometen in unser System kein unbekanntes Element mitbringen, so kann die Hoffnung geäußert werden, daß die Frage über die obere Stufe der erwähnten Skala in nicht sehr ferner Zukunft eine Lösung erlangen wird.

Die Frage, ob die Kometen zu uns aus den Sternenräumen oder aus den entfernten Gegenden unseres Systems kommen, oder Gruppen von ihnen an den Grenzen dieses Systems existieren, ist noch lange nicht gelöst, wenigstens nicht für alle Kometen. Können wir aber verbürgen, daß jenseits der Grenzen unseres Systems sich keine Elemente befinden, welche auf der Erde unbekannt sind? Die Spektrallinien der planetarischen Nebelflecke, d. h. der gasförmigen Nebelflecke erlauben es nicht, in dieser Hinsicht eine bestimmte Antwort zu geben.

Zuweilen wurde die Meinung geäußert, bei einer Stoffausströmung müsse der Komet an Größe abnehmen, was aber durch die Beobachtungen nicht bestätigt werde. Hier liegt jedoch ein bloßes Mißverständnis vor. In bezug auf jene Kometen mit großen Umlaufszeiten, bei denen die Ausströmung und die Schweifbildung sehr bedeutend waren, besitzen wir gar keine Anhaltspunkte, um über die Unveränderlichkeit ihrer Masse ein Urteil fällen zu können; es kann eher angenommen werden, daß sie mit der Zeit schwächer werden, wenn nicht an Masse, so jedenfalls doch in der Intensität der Schweifbildungen; aber auch die Masse muß um die in den Schweif ausgeströmte Materie geringer werden. Über die Kometen mit Umlaufszeiten von hundert und mehr Jahren muß dasselbe bemerkt werden. Für die kurzperiodischen Kometen endlich äußert sich der Massenverlust unter dem Einfluß verschiedener Umstände unzweifelhaft schon in ihrem Zerfallen in Meteore.

Ferner wird zuweilen noch darauf hingewiesen, daß die Ausströmung einer ponderablen Materie, welche vom Kometenkerne herausgeschleudert wird, von einer Reaktion auf den Kern begleitet sein muß, welche wiederum eine Änderung in der Bahn hervorrufen kann, daß aber eine ähnliche Reaktion sich in den Beobachtungen nicht erkennen lasse. Aus diesem Grunde hauptsächlich müsse die Theorie,

in der die Ausströmung einer ponderablen Materie eine Rolle spielt, durch eine Theorie der Lichterscheinungen ersetzt werden.

Bessel hat bekanntlich Formeln abgeleitet, welche die thoretische Wirkung der Ausströmungsreaktion auf die Elemente der Kometenbahn darstellt. Die Zahlengröße solcher Perturbationen der Elemente hängt natürlich von dem Verhältnis der ausgeworfenen Masse zur ganzen Masse des Kometen ab, welches jedenfalls infolge der äußersten Verdünnung der Schweifmaterie sehr gering sein muß.

Um derartige äußerst geringe Störungen mit Hilfe der Beobachtung nachweisen zu können, ist eine sehr genaue Kenntnis der Kometenbahn erforderlich, wobei alle störenden Wirkungen der Planeten streng berücksichtigt werden müssen. Nun ist aber für Kometen mit sehr langen Umlaufszeiten, deren Bahnen aus einem kleinen Bogen und für einen Umlauf bestimmt sind, und unter denen sich gerade Exemplare mit glänzenden Schweifentwicklungen befinden, und sogar auch für die langperiodischen Kometen die Bahn nicht mit der hierzu erforderlichen Genauigkeit bekannt. Besser sind die Bahnen der kurzperiodischen Kometen bekannt; leider ist aber bei diesen Kometen die Kraft, welche die Ausströmung und die Schweife erzeugt, verhältnismäßig fast gänzlich versiegt, wenn sie überhaupt in bedeutendem Grade jemals existiert hat. Das scheinbare Fehlen der erwähnten Reaktion läßt sich daher nicht als ein Beweis für oder gegen irgend eine Theorie der Schweifbildung ausnutzen.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Sternschnuppenhäufigkeit. Auf Veranlassung von Prof. Elkins hat Prof. Wolf in Heidelberg alle dortigen Platten, die in den Monaten August und September gemacht sind, auf Sternschnuppen hin absuchen lassen. Es wurden in den 13 Jahren von 1890—1902 im ganzen mit den verschiedenen kurzbrennweitigen Linsen 369 Aufnahmen mit 625.5 Stunden Belichtung gemacht. Auf allen diesen vielen Aufnahmen fanden sich nur neunzehn verschiedene Sternschnuppen photographiert. Im Durchschnitte kann man nach Wolfs Erfahrungen annehmen, daß jede Sternschnuppe 4. Größe noch photographiert wird. Das Gesichtsfeld der Platten beträgt im Durchschnitte 100 Quadratgrad. Der ganze Himmel hat 41 253 Quadratgrad Oberfläche; 100 Quadratgrad bilden also rund den 413. Teil des Himmels. Der 413. Teil des Himmels ist in Heidelberg 625 Stunden lang photographiert worden, und dabei wurden 19 Sternschnuppen erhalten. Auf eine Stunde und den ganzen Himmel kämen daher rund 13 Sternschnuppen und auf den Tag 301. Diese Abzählung hätte demnach erwiesen, daß an einem Tage an dem ganzen Himmel 301 Sternschnuppen vierter oder hellerer Größe (im August und September) zu fallen pflegen.

Bahnbestimmung des Meteors vom 27. Februar 1901. Die Bahn dieses um 7^h 18.5^m mittlerer Wiener Zeit besonders in den östlichen Alpenländern und benachbarten Gebieten bis nach Ungarn und Galizien wahrgenommenen Meteors hat Prof. Dr. G. v. Nießl mit Benutzung der Angaben aus 22 Beobachtungsorten abgeleitet. Die betreffenden Nachrichten gelangten zumeist infolge eines Aufrufes an die k. k. Wiener Sternwarte und wurden dann durch weitere Anfragen und Messungen tunlichst ergänzt.

Der Radiationspunkt der geozentrischen scheinbaren Bahn befand sich im Sternbilde des Kleinen Löwen, in $157.2^0 \pm 2.3^0$ Rektaszension und $23.6^0 \pm 1.6^0$ nördl. Deklination. Die Bahn war gegen den Horizont des Endpunktes aus dem Azimut 265.3^0, also sehr nahe von O her gerichtet und 28.2^0 geneigt. Das Aufleuchten wurde frühestens in einer Höhe von 110.7 *km* über der Gegend südlich von Birkfeld in Steiermark nachgewiesen. Von hier ging die Bahn 11 *km* südlich an Bruck a. d. M. vorbei, über Möderbruck im Pölstale, über die Ober-Zeiringer und Sölker Alpen bis zum Hocheck, südwestlich vom Hochgolling, wo das Meteor in 31.7 *km* Höhe erlosch. Detonationen wurden nicht gemeldet, die Lichtstärke war jedoch ziemlich bedeutend.

Aus 26 Dauerschätzungen konnte mit Sicherheit festgestellt werden, daß die geozentrische Geschwindigkeit nicht unter 38 *km* betragen hatte, woraus auch für diese Erscheinung wieder eine heliozentrische Bahn hervorgeht, welche ausgeprägt hyperbolischen Charakter zeigt. Der nachgewiesene Radiationspunkt stimmt mit dem aus Sternschnuppenbeobachtungen in nahe gelegenen Epochen abgeleiteten ungefähr überein.

Die große Feuerkugel vom 16. November 1902 ist Gegenstand spezieller Untersuchungen durch Dr. F. Koerber geworden.

Hiernach war dieselbe sichtbar auf einem Areal, das durch das Fünfeck Groningen — Naugard i. Pr. — Starkenbach (Böhmen) — Frankfurt a. M. — Nimwegen begrenzt ist. Wie die meisten hellen Meteore hat auch diese Erscheinung bei vielen Beobachtern die Illusion unmittelbarer Nähe der Flugbahn und des Niedergangspunktes zur Folge gehabt. Vermeintliche Überreste des Meteors wurden nicht nur aus Steglitz eingesandt, während gleichzeitig ein Beobachter in Karlshafen a. Weser die Feuerkugel vor den Wipfeln dortiger Bäume und ein anderer in Zellerfeld a. H. vor einem Bergzuge gesehen zu haben meinte. Diese mit großer Bestimmtheit ausgesprochenen Behauptungen wurden nach Eintragung sämtlicher beobachteter Azimute des Hemmungspunktes in eine Landkarte durchweg als auf Täuschung beruhend erkannt. Die Richtungslinien konvergierten nach der Gegend von Marburg a. L., und Dr. Koerber legte deshalb der weitern Bahnbestimmung als Koordinaten des Hemmungspunktes

die Werte $\lambda = 26^0\ 14'$ östl. v. Ferro, $\varphi = 50^0\ 48'$ zurunde, die etwa dem Dorfe Gladenbach bei Marburg entsprechen. Leider waren aus Marburg selbst keine zuverlässigen Angaben zu erlangen, die das angegebene Resultat hätten bestätigen können.

Zur Ermittlung der Höhe des Hemmungspunktes konnten Höhenschätzungen und Beziehungen auf einige, bereits sichtbare Sterne (namentlich Jupiter und Saturn) aus sechzehn verschiedenen Orten verwendet werden. Es ergab sich für die Höhe des Hemmungspunktes der Wert: $= 60.1 \pm 7.9$ *km*.

Zeigt sich schon hier ein ungewöhnlich großer, wahrscheinlicher Fehler, so konnte die Genauigkeit bei der Ermittlung des Radiationspunktes ebenfalls nur eine sehr geringe sein. Es ergab sich als definitives Resultat für den scheinbaren Radiationspunkt:

$$\alpha = 39.3^0 \pm 5.6^0,\ \delta = + 32.2^0 \pm 0.8^0.$$

Dieser Punkt hatte zur Zeit des Meteorfalles vom Hemmungsort aus das Azimut 247^0 und die Höhe 24^0, so daß danach in Übereinstimmung mit vielen, sonst nicht zur Ermittlung des Radiationspunktes benutzten Berichten der Flug der Feuerkugel etwa in der Linie Wittenberg—Marburg bei einer Neigung von 24^0 nach abwärts erfolgte.

Der oben gefundene Radiationspunkt liegt nur 15^0 von demjenigen der früher am 27. November mehrmals in großer Zahl erschienenen Sternschnuppen entfernt, welche die Überreste des Bielaschen Kometen darstellen. Deren Radiant würde sogar der Berliner Beobachtung (senkrechte scheinbare Bahn) noch besser genügen, als der oben angegebene. Dr. Koerber hält es daher bei der Unsicherheit aller übrigen Einzelbeobachtungen für sehr wahrscheinlich, daß die Feuerkugel vom 16. November mit dem Bielaschen Kometen zusammenhängt, zumal das Zusammentreffen der Bieliden mit der Erde sich nach neuern Berechnungen von Berberich, Abelmann u. a. infolge von Störungen seitens des Jupiter auf den 17. November verschoben haben soll.

Die Dauer der Sichtbarkeit der Feuerkugel wird fast in allen Berichten auf 3—4 Sekunden geschätzt; Koerber nahm aus 23 verschiedenen Angaben den Mittelwert von 3.3 Sekunden an. Die lineare Länge der Flugbahn fand sich im Mittel zu 183 *km* und demnach die Geschwindigkeit zu 55.5 *km*.

Für die Höhe, in welcher die Feuerkugel vom 16. November sichtbar geworden ist, fand sich unter Zugrundelegung der Bahnlänge von 328 *km* der Wert von 200 *km*. Eine Detonation ist an den meisten, in der Nähe des Hemmungspunktes gelegenen Beobachtungsorten nicht bemerkt worden, was bei der verhältnismäßig großen Höhe des Hemmungspunktes nicht verwunderlich ist. Die einzigen, in dieser Hinsicht ernstlich in Betracht zu ziehenden Angaben sind: in Brilon »nach 5—10 Minuten« ein ferner Knall, in Höxter

»nach ungefähr 5 Minuten« zwei kanonenschußartige Geräusche. Da der Hemmungspunkt rechnungsmäßig von Brilon 109 *km* und von Höxter 157 *km* entfernt war, so müßte der Schall Brilon nach etwa $5^1/_2$ Minuten, Höxter nach etwa 8 Minuten erreicht haben, was mit den obigen Angaben hinreichend stimmt.

Was die äußere Erscheinung der Feuerkugel betrifft, so ist zunächst deren außerordentliche Helligkeit bemerkenswert. Dieselbe rief trotz der noch intensiven Dämmerung Schattenwirkungen hervor. — Die Farbe der Lichterscheinung wird meist als grünlich-weiß, mitunter auch als blau-weiß bezeichnet. Die Gestalt des Lichtkörpers war birnförmig, sein Durchmesser wurde in Hamburg auf etwa 15 Minuten geschätzt. Ferner wird von den meisten Beobachtern übereinstimmend und mit Nachdruck ein zweimaliges Aufleuchten, resp. zweimalige Explosion konstatiert. Nach Zurücklegung von $^2/_3$ ihres ganzen Weges stand die Kugel scheinbar einen Moment still, und es lösten sich zahlreiche grüne Teile explosionsartig ab, der Hauptkörper flog nun noch weiter und zeigte schließlich beim Verlöschen eine nochmalige Auflösung in viele kleine Teile. Der Schweif wurde in der Regel noch 3—4 Sekunden lang gesehen.

Zum Schluß erwähnt Dr. Koerber, daß an demselben Abend um $7^h\ 2^1/_2{}^m$ bei Hämerten in Hannover noch ein zweites, sehr helles Meteor beobachtet worden ist, über dessen Bewegung jedoch nichts ermittelt werden konnte.

Das Meteoreisen von N'Goureyma im Sudan. Über dasselbe macht E. Cohen nähere Mitteilungen:[1]) Dieser am 15. Juni 1900 im Sudan bei N'Goureyma niedergefallene Meteorit im Gewichte von $37^1/_2$ *kg* besitzt ungefähr die Gestalt eines Tropfens oder einer flachen keilförmigen Masse von $57^1/_2$ *cm* Länge und 28 *cm* größter Breite. Der Keil spitzt sich nach beiden Enden zu, so daß das scharfe $3^3/_4$ *cm* und das stumpfe 14 *cm* breit ist. Zwischen 1 und 9 *cm* Dicke variierend, wird die Masse so dünn, daß sie faktisch nur von 2 Flächen begrenzt ist, die sich an einer ziemlich scharfen Kante treffen; die eine Fläche ist bedeutend konvexer als die andere. Aus ihren Besonderheiten erkennt man, daß der Meteorit deutlich orientiert gewesen, und zwar bildet die flachere Seite die Rücken-, die gekrümmtere die Stirnseite. Auf der erstern sind die Eindrücke flacher, größer und meist in die Länge gezogen, die Kanten abgerundet, die Oberflächen glatter, die Rinde weniger uneben und etwas heller mit schärfer zugespitzten Hervorragungen, als auf der Stirnseite, welche ihrerseits feinere und zahlreichere Driftwirkungen aufweist und eine isolierte, tiefe Höhlung an dem schildförmigen Teile besitzt.

Diese Unterschiede sind durch die Orientierung während des Fluges durch die Luft bedingt und verständlich; die schildförmige

---

[1]) American Journal of Science 1903 p. 254. Naturwiss. Rundschau 1903 p. 381.

Fächer sich so bedeutend zusammenfalten, daß der Schweif wieder seine normale Figur annahm, welche vor dem Eintritte der durch die Perspektive hervorgerufenen Eigentümlichkeiten beobachtet wurde.

Zugunsten der Materialität der Schweifteilchen spricht deutlich die Notwendigkeit der Annahme einer Verschiedenheit der Molekulargewichte oder der Dichtigkeit, woraus umgekehrt die Verschiedenheit der repulsiven Kraft und der Anfangsgeschwindigkeit der Ausströmung aus dem Kerne sich ergibt. Eine ungeheure Verschiedenheit äußert sich, wie viele Beispiele zeigen, in den Schweifen verschiedener Typen bei einem und demselben Kometen. Der große Komet 1861 II besaß 2 Schweife (1. und 3. Typus), welche sich scharf voneinander unterschieden, sowohl durch ihre Krümmung und Ablenkung vom verlängerten Radiusvektor, als auch durch ihre Länge, ihr Licht und ihre paraboloidförmigen Hüllen auf der Sonnenseite. Aufmerksame Beobachtungen und genaue Zeichnungen zeigen, daß der Radius der Hülle des 3. Typus zweimal größer war als der Radius der Hülle des 1. Typus, so daß das Konoid des 3. Typus beim Kopfe und auch weiterhin breiter war, als das des 1. Typus. Bei einem bestimmten Verhältnis der Kräfte einerseits und der Anfangsgeschwindigkeit anderseits ist auch die theoretische Möglichkeit einer solchen gegenseitigen Lage der Stoffhüllen von verschiedener Dichtigkeit gegeben. Als Illustration zu allem diesen sind die Zeichnungen des Kometen sehr wertvoll, welche J. Schmidt unter dem klaren Himmel von Athen entworfen hat.

Auf einer gewissen Entfernung vom Kopfe brach das Konoid des 1. Typus sich sozusagen seine Bahn durch das Konoid des 3. Typus und ließ letzteres im Sinne der Bewegung des Kometen im Raume hinter sich zurück.

Äußert sich der Dichteunterschied der Teilchen in den repulsiven Kräften und in den Anfangsgeschwindigkeiten nicht so stark und so scharf, wie bei dem 1. und 3. Typus, sondern bildet sie vielmehr eine gewisse Aufeinanderfolge nicht bedeutend voneinander sich unterscheidender Größen (verschiedene Kohlenwasserstoffe, leichte Metalle usw.), so werden die entsprechenden Konoide auch nicht so stark wie die Typen 1 und 3 auseinandergehen, sondern sich unbedeutend voneinander trennen und wenig abgelenkt sein. In diesem Falle bildet sich ein Konoidensystem, welches im ganzen mehr gegen sein Ende hin ausgebreitet ist, als ein jedes einzelne Konoid des einen oder andern Stoffes. Eine solche Form besaß im allgemeinen der Hauptschweif des großen Donatischen Kometen (1858 VI).

Wenn die Ausströmung aus irgend einem Grunde eine gewisse Zeit hindurch unterbrochen wird, so muß im Schweife ebenfalls eine Unterbrechung auftreten. Die Zeichnungen früherer Kometen geben uns mehr als ein Beispiel einer solchen Unterbrechung, ja sogar mehrerer. Es ist unter anderem beim Kometen 1873 V auf den prachtvollen Zeichnungen von Tempel in Florenz ein Schweif zu

sehen, welcher auf diese Weise vom Kometen abgerissen ist und im Raume seine eigene Bahn — oder besser gesagt — ein System von Bahnen beschreibt, nämlich jedes Teilchen eine andre. Die Ausströmung ist allmählich versiegt, indem sie immer schmaler wurde, weshalb auch der Schweif bis zur Trennungsstelle an Breite beständig abnahm.

Unter den in den letzten Jahren sorgfältig photographierten Kometen hat der Komet 1893 IV Wolkenbildungen aufzuweisen, welche sich in der Schweifrichtung von ihm losgelöst haben. Diese Wolken verbleiben aber innerhalb des theoretischen Konoids und bewegen sich von Tag zu Tag auf ihren Bahnen mit Geschwindigkeiten, welche im Mittel zwölf geographische Meilen in der Sekunde betragen.

Unter den alten Kometen gibt es ebenfalls Fälle der Trennung des Schweifes in mehrere einzelne Stücke. Die Kurven, welche letztere mit dem Kopfe des Kometen verbinden, geben die durch die Theorie angezeigte Figur des Konoids.

Das Ausströmungsbüschel behält nicht immer eine unveränderliche Richtung in bezug auf den Radiusvektor; es können viele Beispiele angeführt werden, wo es Schwingungen vollzieht, welche in einigen Fällen eine gewisse Zeit hindurch unzweifelhaft periodisch waren.

Wollte man annehmen, daß die Ausströmung und der Schweif Lichterscheinungen seien, d. h. daß sie aus Lichtstrahlen mit deren Geschwindigkeiten bestehen, so könnte man gegen die Schwingungen, die wahrscheinlich von den Schwingungen des Kerns abhängen, nichts Besonderes einwenden; im Schweife könnte man aber bei der großen Geschwindigkeit der Lichtstrahlen niemals diejenigen Formen konstatieren, deren Auftreten nur dank der mäßigen, im Vergleiche mit der Lichtgeschwindigkeit sogar sehr kleinen Geschwindigkeit der vom Kerne in den Raum sich fortbewegenden Schweifteilchen sich als möglich erweist.

Beim Kometen 1893 IV ist auf der Photographie vom 21. Oktober der in der Nähe des Kerns befindliche Teil des Schweifes konkav, und diese Konkavität ist im Sinne der Bahnbewegung nach vorn gekehrt; in der Mitte des Schweifes ist die Krümmung der Figur nach der entgegengesetzten Seite gewendet, und der Schweif liegt zugleich an dieser Stelle vor dem verlängerten Radiusvektor; gegen das Ende hin ist der Schweif wieder hinter den Radius abgelenkt. Diese Krümmungen beweisen schon, daß im sichtbaren Teile des Schweifes (auf der Photographie vom 21. Oktober) die Spuren dreier Schwingungen, welche in den vorhergehenden Tagen stattgefunden haben, nachgeblieben sind.

Beim Kometen 1862 III ist eine solche Welle auf der prachtvollen Zeichnung von Schmidt zu sehen. Dasselbe wurde beim Kometen 1894 II (Gale) beobachtet. Bei diesen beiden letzten Kometen

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
4	1011	—	In Burgund [1]
5	1094 April 4	—	Frankreich, wo? [2]
6	1190	—	Clermont, Oise u. Compiegne bei Beauvais [3]
7	1198 Juni (Juli 8)	—	Zwischen Chelles und St. Georgas de Levejac, Seine et Oise [4]
8	1540 April 28	—	Les Eglises, Haute Vienne
9	1560 Dezember (November) 24	11—12h vorm.	Lillebonne bei Hâvre, Seine inferieure [5]
10	1600 gefunden	—	La Caille, Grasse, Alpe maritimes [6]
11	1618 März 7	1h vorm.	Paris [7]
12	1634 Oktober 27	8h vorm.	Charollais, Saone et Loire
13	1637 November 27	10h vorm.	Mont Vaisien, unweit Nizza
14	1721 Juni 3	—	Lessay, Contance, La Manche
15	1738 Oktober 18	4h 50m nachm.	Carpentras bei Avignon, Vaucluse
16	1740 Febr. 23 (29)	3h vorm.	Bei Toulon in das Meer
17	1750 Oktober 11 (1)	12—1h nachm. mittags	Nicor bei Contances, La Manche
18	1753 September 7	1h nachm.	Luponnas bei Pont de Vesle, de l'Ain
19	1755 (1756) Nov. 4	3—4h nachm.	Bourbonnais [8]
20	1759 Juni 13	9h nachm.	Captieux bei Bazas, Gironde [9]
21	1761 Nov. 11—12	4h 45m vorm.	Chamblons, Cote d'or
22	1768 September 13	4h 30m nachm.	Lucé en Maine, Sarthe
23	1768	—	Aire en Artois, Pas de Calais
24	1790 Juli 24	8h 30m nachm. (9h nachm.)	Barbotan u. a. Orten, Landes
25	1798 März 8 (12)	6h 30m nachm.	Salles bei Lyon, Rhône
26	1803 April 26	1—2h nachm.	L'Aigle, Evreux, Orne [10]
27	1803 Oktober 8	10h vorm.	Saurette, Apt, vaucluse
28	1805 November 1	Am Tage	Asco auf Korsika
29	1806 März 15	5h 30m nachm.	Alais bei St. Etienne de Lolm und Valence, Gard
30	1810 September	—	Chartres, Eure et Loir
31	1810 November 23	1h 30m nachm.	Charsonville, Boisfontaine, Meung, La Touanne Loiret
32	1812 April 10	8h 15m nachm.	Burgau bei Toulousse und Prodere, Haute Garonne
33	1812 August 5	2—3h vorm.	Chantonnay bei Nantes, Vendée
34	1814 September 5	kurz vor 12h mittags	Mouchar bei Agen und Le Temple, Lot et Garonne
35	1815 Oktober 3	8h vorm.	Chassigny, Haute-Marne
36	1816	—	Confolenz a. d. Vienne, Charente
37	1817 November 17	—	Provence
38	1818 Februar 15	5h 26m nachm.	Limoges, Haute-Vienne
39	1819 Juni 13	6h 15m vorm.	Jonzac u. Barbezieux, Charante-Inferieure
40	1821 Juni 15	3—4h nachm.	Juvinas bei Aubenas, Ardèche [11]
41	1822 Juni 3	8h 20m nachm.	Angers, Maine et Loire

[1] Fielen Steine nach Schnurrer. — [2] Unter vielen Sternschnuppen fiel eine zu Boden, begossen zischte sie. — [3] Entstand Brand. Raben mit glühenden Steinen. — [4] Steine gefallen nach Lycosthenes. — [5] Angeblich ein Pulvermagazin anzündend. — [6] cfr. 1828. — [7] Verursachte Brand im Justizpalast. — [8] Angeblich ein Stein, welcher mit Getöse in einen Sumpf fiel. — [9] Brand. — [10] 2000—3000 Steine, an einzelnen Stellen hageldicht mit furchtbarer Detonation. — [11] Nach Buchner: weniger richtig Juvenas.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
42	1822 Juni 21	—	Clohars, Touesnant
43	1822 September 13	7h vorm.	La Baffe bei Epinal, Vogesen
44	1825 gefunden	—	Bois-de-Fontaine, Meung, Loiret
45	1826 Mai 25.	—	Monts Galapian, Agen, Lot et Garonne
46	1828 gefunden	—	La Caille, NW von Grasse, Alpes maritimes [1])
47	1831 Mai 13 (Juli 18)	geg. Mitternacht	Voinllé bei Poitiers, de la Vienne [2])
48	1835 (1836) Jan. 31	1h nachm.	Mascombes, Corrèze
49	1835 November 13	9h nachm.	Belmont, Simonod, Ain [3])
50	1836 Februar 12	6h 30m nachm.	In einem Sumpfe bei Orval, Constance, Mance
51	1836 September 14	3h nachm.	Aubres, Nyons, Drôme
52	1837 März 28	—	Lons-le-Saunier, Jura [4])
53	1837 August	—	Esnandes, Charente inférieure
54	1838 Juli 22	Am Tage	Montilivault, Loire et Cher
55	1840 August 3	—	Tamaville bei Volognes, La Manche
56	1841 Februar 25	3h nachm.	Les Bois-aux-Roux b. Chanteloup, de la Manche [5])
57	1841 Juni 12	1h 30m nachm.	Triguères, Château-Renard, Loiret
58	1841 September 6	—	St. Christophe la Chartreuse, Vendée [6])
59	1841 November 5	—	Roche-Servière bei Bourbon, Vendée [6])
60	1841 November 13	—	Von Bethuns aus gesehen, stürzte ein Meteor in den Pas-de-Calais [7])
61	1842 Juni 3 (4)	9h 5m nachm.	Aumières, Lozère [8])
62	1842 November 18	—	Montierender bei Vendome, Loir et Cher [9])
63	1842 Dezember 5	5h 30m vorm.	Eaufromont bei Epinal, Vogesen [10])
64	1844 Oktober 21	Zwisch. 6h 30m und 7h vorm.	Favars, Laissac, Dep. Aveyron
65	1845 Januar 25	3h nachm.	Le Pressoir, Louans, Indre et Loir
66	1845 Juli 14	3h nachm.	La Vivionnière, Teilleul, de la Manche
67	1846 Januar 16	5h 45m nachm. (3h nachm.)	Bei Chalons sur Saone, Saone et Lois [11])
68	1846 März 22	3h nachm.	St. Paul bei Bagnères-de-Luchon, Haute Garonne [12])
69	1848 Juli 4	—	Montignac, Aveyron, Marmande, Lot et Garonne [13])
70	1849 Juni 16	6—7h nachm.	Paris [14])
71	1851 Sommer	—	Quinçay, Poitiers, Vienne
72	1853 Mai 4	—	Géanges, Marne [15])
73	1857 Oktober 1	4h 45m nachm.	Les Osmes, Joigny, Yonne [16])
74	1857 November 2	4h 45m nachm.	Charny, Yonne [17])

[1]) cfr. 1600. — [2]) Nach Kesselmeyer Juli 18, ebenso nach Buchner mit Zusatz, nach dem Kataloge des Pariser Museums, Meunier. Nach Brezina Mai 13. — [3]) Verursachte Brand eines Strohdaches. 2 Steine gefunden. — [4]) Angeblicher Fall. — [5]) Verursachte Brand. — [6]) Nach Brezina: September 6 Nr. 58. Beide wohl identisch, trotz des verschiedenen Datums. Nach Wülfing November 5 Nr. 59. — [7]) Eine ungeheure Feuerkugel fiel mit Getöse in das Meer. Buchner und Kesselmeyer 1841, Greg 1842. — [8]) Buchner: Juni 4, Brezina und v. Boguslawki: 3. Juni. — [9]) Verursachte Brand. — [10]) Das Meteoreisen wurde erst im Sommer 1851 gefunden. Nach Buchner. — [11]) Feuersbrunst. — [12]) Brand. — [13]) Nach Buchner befinden sich Bruchstücke im Britischen Museum. — [14]) Angeblicher Steinfall, soll in ein Haus eingeschlagen haben. — [15]) Nach Webers illustr. Kalender. Nirgend wo anders gefunden. — [16]) Nach Brezina, Kesselmeyer u. Buchner. Heis Wochenschr. 1857 führt einen Fall 1857 Aug. 5 bei Ormes, Bez. Charlesant, Vienne auf. — [17]) Vielleicht mit obigem Falle identisch.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
75	1858 Dezember 9	7h 5m vorm.	Aussun, Montréjean a. d. Garonne, Haute Garonne [1])
76	1859 März 12	—	Castillion, Gironde
77	1859 Mai	3h nachm.	Bueste, Pau, Pyrénées
78	1861 Februar 14	6h 30m nachm.	Tocané, St. Apré, Dordogne [2])
79	1864 Januar 10	9h nachm.	Bei Brest [3])
80	1864 Mai 14	8h nachm.	Orgueil, Tarn et Garonne
81	1864 September 9	12h 12m mittags, nachm.	Tarbes, Pyrénnées Hautes [4])
82	1865 Mai 4	9h 30m nachm.	Vernicourt bei Nolay, Cote d'or [5])
83	1866 Mai 30	3h 45m vorm.	St. Mesmin, Troyes, Aube
84	1868 Juli 11	11h nachm. (?)	Zwischen Ornans und Salins, Doubs
85	1868 Septbr. 7 (6)	2h 30m vorm.	Sanguis-St. Etienne, Basses Pyrénées
86	1869 Mai 22	9h 15m nachm.	Kernouve, Cleguerec, Bretagne
87	1871 Juni 14	8.h nachm.	Laborel, Drôme, Isère
88	1871 November	—	Bei Montereau, Seine et Marne [6])
89	1872 Juli 23	5–6h nachm.	Lamie b. Vendome, Loire et Cher [7]) Lancé, Authon, Orléans [8]) Nachher gefunden: de Saint Armand [9])
90	1874 November 26	10h 30m vorm.	Kerilis, Callas, Côtes du Nord
91	1875 Februar 10	5h 45m nachm.	Insel Oleron, Vendée
92	1875 März 9	8h nachm.	Orleans, Loiret
93	1875 September	—	Mornans, Bordeaux, Drôme
94	1877 Juni 14	8h 45m nachm.	Chlermont, Enjoulême, Bordeaux [10])
95	1879 Januar 31	12h 30m mittags, nachm.	La Bécasse, Dun le Poëlier
96	1883 Januar 28	2h 45m nachm.	Saint Caprais de Quinsac, C. Creon, Gironde
97	1885 August 10	4h vorm.	Grazac b. Issingeaux, Haute Loire [11]) Grazac und Montpelegry, Tarn [12])
98	1892 Februar 29 oder März 1	—	Grande-Metaire b. Bourgos [13]) Plaimpied b. Bourgos [14])
99	1897 April 14	11½h nachm.	Vierville, Caen, Caldaros [15])
100	1897 Juni 20	—	Lançon, Bouches, du Rhône
101	gefunden	—	Luchon in den Pyrenäen [16])
102	1900 September 7	11h nachm.	Calvi auf Korsika
103	1901 März 17	—	Kerbriand, Bretagne

Großbritannien und Irland

Lauf. Nr.	Zeit	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1360	—	Yorkshire
2	gefunden	—	Dunsinnan, Schottland [17])

[1]) 2 Steine, von denen der eine auf das Strohdach eines Hauses fiel. — [2]) Nach Wülfing wohl Pseudometeorit. — [3]) Detonierende Feuerkugel mit angeblichem Meteoritenfalle. [4]) Sehr heftig detonierendes Meteor, das über Pau Pyrénées platzte mit wahrscheinlichem Niederfalle von Meteoriten. — [5]) Feuersbrunst. — [6]) Nach Flight Steinfall, nach »Comptes rendus« angeblich Meteoritenfall. — [7]) Nach Buchner 1873 Juli 13. — [8]) Nach Brezina. — [9]) Fortschritte der Physik. (4, 5 und 6 gehören wohl zusammen, wohl verschiedene Lokalitäten?) — [10]) Große detonierende Feuerkugel, von Nießl. etc. »Sirius« 1878: Viele Steine fielen im Osten Frankr. — [11]) 20 Steine gesammelt, ein Getreideschober wurde in Brand gesteckt. — [12]) Nach Meunier. — [13]) Nach »Matin«. Verursachte Brand einer Scheune. — [14]) Nach »Soleil«. Verursachte Brand einer Scheune. — [15]) Nach der Vossischen Zeitung und »Fortschritte der Physik«. Unter starker Detonation fiel ein 792 g schwerer Stein in einen Wassertrog, war so heiß, daß er das Wasser zum Verdunsten brachte. Fensterscheiben zersprangen. — [16]) Nach E. Cohen eine harzige Masse, die L. Meunier für meteorischer Natur hält. — [17]) Stein, der in den Ruinen von Macbeths Schloß gefunden sein soll.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
3	1622 Januar 10	8h nachm.	Tregony, Cornwall
4	1628 April 9 (März)	5h nachm.	Vlat-ford bei Farington, Berkshire
5	1642 August 4	4h 30m nachm.	Bei Woodbridge, Suffolk
6	zwisch. 1675 u. 1677	—	Bei der Insel Copinska, Orkaden [1])
7	1680 Mai 18	—	Bei Gresham, London [2])
8	1723 gefunden	—	Cornwall [3])
9	1725 Juli 3	—	Mixbury, Bicester, Oxfordshire
10	1731 März 12	1—2h mittags nachm.	Halstead, Colchester, Essex
11	1732 August 15	11—12h mittags, vorm.	Springfield b. Chelmsford, Essex
12	1755 (1756) Jan. 2	4h nachm.	Tuam, Galway, Irland
13	1755 Mai 19	—	Malow, Cork, Irland [4])
14	1755 Oktober 20	3—4h nachm.	Insel Jetlow
15	1779	—	Hügel Pettiswood, Mullinger, Westmeath, Irland [5])
16	1780 April 11	9h nachm.	Beeston, Nottinghamshire
17	1783 August 18	9h 15m vorm.	Shetland Inseln [6])
18	1791 Oktober 20	—	Monabilly bei Lauceston, Cornwall [7])
19	1795 Dezember 13	3h 50m nachm.	Wold-Cottage, Yorkshire
20	1800 April 1	VorMitternacht	Steeple-Bumstead, Ipswich, Essex [8])
21	1801 Oktober 23	7h nachm.	Bury St. Edmunds, Colchester, Essex [9])
22	1802 Septbr. Mitte	—	Loch-Tay, Schottland
23	1803 Juli 4	—	East-Norton, Leicestershire [10])
24	1804 April 5	11—12h vorm.	High-Possil, Glasgow, Schottland
25	1806 Mai 17	—	Basingstoke, Hantshire
26	1810 August 10	11h 30m vorm.	Mooresfort, Tipperary, Irland
27	1813 Juli bis August	1h nachm.	Malpas bei Chester, Chestershire
28	1813 September 10	8—9h vorm. (6h vorm.)	An verschied. Orten d. Grafschaft Limerick, wie Adare, Faha Scouph, Brasky Irland
29	1813	—	Pulrose, Insel Man
30	1816 Juli bis Anfang August	—	Glastlebury, Somerset, Südschottland (Glastonbury) [11])
31	1820 gefunden	—	Lead-Hills, Glasgow
32	1821 Juni 21	—	Mayo, Irland [12])
33	1825 Mai 12	—	Bayden, Hungerfort. Hiltshire
34	1827 gefunden	—	Newstead, Boxburgshire, Schottland
35	1828 Ende August	3h nachm.	Allport bei Castleton, Derby [13])
36	1830 Februar 15	7h 30m vorm.	Launton, Bicester, Oxfordshire
37	1830 Mai 17	12h 30m nachm. mittags	Perth, Nord-Inch of Perth, Schottland
38	1832 Juni 29	—	Zwischen Plymouth und Brest [14])
39	1835 August 4	4h 30m nachm.	Aldsworth, Cirencester

[1]) An Bord eines Schiffes. — [2]) Angeblich. Nach Kesselmeyer nur Hagel. — [3]) Wohl mit Tregony 1622 identisch. — [4]) Nach Kesselmeyer Regen von Schwefel, der in Masse gesammelt wurde. — [5]) Ein Stein zerschlug das Joch der Pferde. — [6]) Angeblicher Steinregen. — [7]) Nach Greg, Reusch etc. Steinfall. — [8]) Chladny, Arago: eine Feuerkugel schlug unter Detonation dicht bei der Kirche in die Erde. — [9]) Verursachte Brand. — [10]) Stein aus einer Feuerkugel zerstörte Teile eines Hauses. — [11]) Zerschlug ein Fenster eines Hauses und fiel auf die Hausflur. Als er aufgehoben wurde, war er noch heiß. — [12]) Hagel mit Metallkernen. — [13]) Nach Buchner zweifelhafter Fall. — [14]) In das Meer.

Lauf. No.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
40	1838 (1846) gefund.	—	Battersea Fiells bei London [1])
41	1842 August 5	5h nachm.	Harrowgate bei Sheffield, Yorkshire
42	1844 April 29	3—4h nachm.	Killeter bei Castledery, Omagh, North-Tyronne, Irland
43	1846 August 10	5h nachm.	Grafschaft Down, Irland [2])
44	1847 März 19 (2)	—	Ostküste von Aberdeen [3])
45	1860 Juni 9	2h nachm.	Raphoe, Denegal, Irland
46	1865 August 12	7h nachm.	Dundrum, Tipperary, Irland
47	1866 gefunden	—	Ben-Baigh, Berg bei Dalmellington, Ayrshire, Schottland [4])
48	1869 November 6	8h 30m nachm.	Tamley bei Southampton [5])
49	1872 November 13	2h vorm.	Scilly-Island [6])
50	1874 August 1	11h 50m nachm.	Hexham, Northumberland
51	1876 April 20	3h 40m nachm.	Rowton, Wellington, Shropshire [7])
52	1881 März 14	3h 45m nachm.	Pennymann's Siding, Middlesbrough, Yorkshire
53	1882 gefunden	—	Selkirk, Schottland
54	1884 Februar 12	10h vorm.	Im Atlantischen Ozean 49° 30′—15 w. L. [8])
55	gefunden	—	Leadhills, Schottland
56	1900 Juni 10	—	Stoke Doyla bei Oundle, England [9])
57	(?)	—	Tyree, Hebriden, Schottland
58	1902 September 13	Am Tage	Crosshill-farm bei Crumlin, 20 *km* v. Belfast

Niederlande, Holland und Belgien

Lauf. No.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	(?)	—	Grave, Nordbrabant, Holland [10])
2	1186 Juli 8	—	Bergen (Mons), Hagenau, Belgien
3	1500 (1520)	—	Bei Brüssel [11])
4	1564 März 1	—	Zwischen Brüssel und Mecheln, Belgien.
5	1650 August 6	—	Dortrecht, Holland [12])
6	Zwisch. 1804 u. 1807	—	Dortrecht
7	1840 Juni 12	10—11h vorm.	Staartje, Uden Herzogenbusch, N.-Brabant, Holland
8	1843 Juni 2	8h nachm.	Blaauw-Kapel, Utrecht, Holland
9	1852 Jnli 8	9h vorm.	Wedde bei Groningen, Nord-Holland
10	1855 Juni 7	7h 45m nachm.	Saint-Denis-Westrem bei Gent, Belgien
11	1863 März 4	6—7h nachm.	Bei Bergeik, Herzogenbusch, Holland [13])
12	1863 Dezember 7	11h 30m vorm.	Touriennes-la-Grosse, Tirlemont, Belgien
13	1868 Juli 5—6	11h 45m nachm.	Namur, Belgien [14])
14	1896 April 13 (1897)	7h 50m nachm.	Lesves bei Namur [15])
15	1896 vor 23. Septbr.	Am Tage	In einem Haferfelde bei Namur [16])
16	1899 September 23	11h vorm.	Gemeinde Bois de Villers bei Namur [17])

[1]) In einem Weidenbaume. — [2]) Zweifelhaft. — [3]) In das Meer. — [4]) Durch die Güte des Kaiserl. deutschen Konsulats zu Leith und des Herrn Prof. Eggeling an der Universität zu Edinburg habe ich diesen Fall sicher feststellen können. — [5]) Nach Flight: Feuerkugel mit Meteoritenfall. — [6]) Nach Flight: Detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfalle. — [7]) Eisen. — [8]) Feuerkugel, welche über einem Fahrzeuge platzte, mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [9]) Entzündete ein Haus und zerstörte im ganzen 14 Häuser durch Feuer. — [10]) Ein angeblich vom Himmel gefallener, im Chor der Kirche eingemauerter Stein. — [11]) Ein vom Himmel gefallener Stein, welchen Albrecht Dürer noch gesehen hat. — [12]) Stein schlug durch ein Fenster und sank in den Fußboden eines Hauses. — [13]) Ein von Professor Heis berechneter mutmaßlicher Meteoritenfall. — [14]) In der Straße Saint Laup, Neues Jahrbuch der Physik, Wochenschrift für Astronomie 1886 usw. — [15]) Ein Stein nach »Nature«. 1897 April 13 nach Meunier. — [16]) Nach der Vossischen Zeitung 12½ *kg* schwerer Stein, warf einen Arbeiter zu Boden und zertrümmerte den Rechen, den jener in der Hand hielt. — [17]) Nach Meldung der Vosssechen Zeitung und anderer Tagesblätter ein 9.200 *kg* schwerer Stein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
		Schweiz	
1	1478	—	Schweiz [1]
2	1499 April 19 (Mai 21)	—	Luzern [2]
3	1526 Oktober 19	4h nachm.	Bei Basel [3]
4	1674 Oktober 6	—	Kanton Glarus [4]
5	1674 Dezember 6	—	Näfels, Glarus [4]
6	1698 Mai 18	7h 15m nachm.	Hinterschwendi bei Waltringen, Bern
7	1826 März 15	8h nachm.	Lugano, Tessin
8	1836 Dezember 8	8h nachm.	Zuz, Graubünden
9	1886 gefunden, soll 1856 gefallen sein	—	Auf dem untern Rafrüti, im Quellengebiete im Emmentale, Bern [5]
10	1879 Juni 7	9h 45m nachm.	Luganer-See bei Melidi
		Deutschland	
1	(?)	—	Frauen-Breitungen [6]
2	823 (822)	—	Gau von Frisatz, auch Frisazi, Viscedi [7]
3	951 (952)	—	Augsburg [8]
4	998 Juli	—	Magdeburg
5	1108	—	Würzburg [9]
6	1135 (1136)	—	Oldisleben, Thüringen [10]
7	1164 Mai 11	—	Meißen [11]
8	1191	—	Thüringen
9	1229	—	Johannes-Kloster bei Hamburg [12]
10	Mittelalter	—	Halle [13]
11	1249 Juli 26	—	Zwischen Quedlinburg, Blankenburg und Ballenstädt
12	1257	Am Tage	Würzburg
13	1304	—	Friedland in der Mark [14]
14	1304 Oktober 1	—	Friedland a. Saale bei Halle [15]
15	1339 Juli 13	—	Schlesien [15]
16	1361	—	Bei Zwetl [16]
17	1368	—	Bei Blexen, Ausfluß der Weser, NNO von Oldenburg
18	1379 Mai 26	—	Münden, Hannover
19	1480	—	Sachsen oder Böhmen [17]
20	1492 November 16	11—12h vorm. (0.30h nachm.)	Ensisheim, Elsaß

[1]) Nach Lycosthenes: Feurige Kugeln fielen auf die Erde und hinterließen Spuren ihres Brandes. — [2]) Ein von einem fliegenden Drachen herabgeworfener Stein. — [3]) Brand. — [4]) Vielleicht identisch. — [5]) Eisenmeteorit. — [6]) Nach einer Sage (Bechstein) ist daselbst ein großer schwerer Stein vom Himmel gefallen. — [7]) Durch glühende Steine wurden mehrere Gehöfte angezündet. — [8]) Unter Donnergetöse ein glühender Stein. — [9]) Nach Schnurrer. — [10]) Fiel ein Stein aus der Luft herab, der lange Zeit glühend blieb. — [11]) Eine vom Himmel gefallene Eisenmasse. Vielleicht fielen zu derselben Zeit auch die Eisenmassen bei Rittersgrün und Steinbach. — [12]) Vor der Tür des Klosters fiel 1 Stein mit furchtbarem Geräusch. Er hatte schwarze Rinde, inwendig weiß mit goldglänzendem Strich durchzogen. Mecklenburg. Archiv. — [13]) Das frühere Kloster Neumark soll auf der Stelle erbaut sein, wo man eine goldene Egge vom Himmel fallen und wieder aufsteigen sah. — [14]) Brand, viele Steine; Kesselmeyer hält beide Fälle nicht für identisch, ich möchte dem beipflichten. — [15]) Nach Kesselmeyer: 300 Donnerkeile bei einem Gewitter gefallen. — [16]) Es sollen 10 Ochsen erschlagen sein. — [17]) Angeblich 1 Stein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
21	1496 Juli 13	—	Münchberg, Hof, Bayern[1]
22	1498 Am Jacobi (25. Juli)	—	Schweizenbach a. d. Saale
23	1509	—	Schwaben[2]
24	1528 Juni (1529)	—	Augsburg[3]
25	1530 Juni 23	—	Erfurt
26	1540 (1550)	—	Naunhof, Neuholm, zwischen Grimma und Leipzig[4]
27	1543 Mai 4	—	Zesenhausen (Zaisenhausen) bei Pforzheim, Bayern[5]
28	1548 November 6	2h vorm.	Im Mansfeldschen, Thüringen
29	1552 Mai 19	3—5h nachm.	Schleusingen, Thüringen[6]
30	Vor 1556	—	Holzsatz in Holstein
31	1561 Mai 17	—	Torgau, Siptiz und Eilenburg, Provinz Sachsen[7]
32	1572 Januar 9	9h nachm.	Thorn, Westpreußen
33	1580 Mai 27	2h nachm.	Nörten, zwischen Nordheim und Göttingen
34	1580 August 13	—	Wiehe, Thüringen
35	1581 Juli 26	1h 30m nachm.	Niederreißen bei Buttstädt, Thüringen
36	1596 Dez. 15 (8)	nachts	Werden a. Ruhr, Kreis Düsseldorf
37	1591 Juni 9	—	Kunersdorf[8]
38	1636 März 16 (6)	6h vorm.	Zwischen Sagan und Dubrow[9]
39	1647 Februar 18	11—12h nachm. nachts	Pölau, Zwickau
40	1647 August	11—12h vorm. mittags	Zwischen Wermsen u. Schameele, Westf.
41	1649 Mai 11	3h nachm.	Zwischen Dombach, Ebersheim u. Münster, Elsaß
42	1671 Februar 27	12h vorm. kurz vor Mittag	Oberkirch und Zusenhofen, Ortenau, Baden
43	1673	—	Dietling, Ettlingen, Baden
44	1677 Mai 28 (26)	abends	Ermendorf, Dresden
45	1678 Februar 6	—	Frankfurt a. M.[10]
46	1690 Januar 2	10h 45m nachm.	Jena[11]
47	1715 April 11	4h nachm.	Schellin, Stargard, Pommern
48	1722 Juni 5	3h 30m nachm.	Schefftlar, Wolfratshausen, Bayern
49	1724	—	Grimma, Sachsen
50	1750 Februar 9	—	Schlesien[12]
51	1751 gefunden	—	Steinbach, Johanngeorgenstadt, Sachsen
52	1775 September 19	10h vorm.	Rodach, Koburg, Thüringen
53	1783 (1778) gefunden	—	Aachen[13]
54	1785 Februar 19 (2)	12h 15m nachm. mittags	Wittmers, Eichstädt, Bayern
55	1785 August 18	11h vorm.	Frankfurt a. M.[14]
56	1796 März 8	10h 15m nachm.	Oberlausitz bei dem Dorfe Storcha[15]

[1]) Dreieckige und hühnereiartige Steine. Wohl nur Hagel. — [2]) Hagel mit großen Steinen. — [3]) Nach Greg. — [4]) Eisenmasse. — [5]) Nach Greg, Kesselmeyer. — [6]) Gewaltiger Steinregen nach Chladni, wobei das Lieblingspferd des Fürsten Georg Ernst verwundet wurde. — [7]) 2 Steine, der eine fiel auf eine Windmühle. — [8]) Unter Detonation, Hagel mit Steinen. — [9]) 2 Zentner schwerer Meteorstein. — [10]) Nach Chladni: Steinfall, nach Greg und Kesselmeyer: Feuerkugel. — [11]) Zweifelhaft ob Steinfall. — [12]) Mutmaßlicher Meteorfall. — [13]) Unter dem Pflaster eine Eisenmasse gefunden; wird bezweifelt, ob meteorischer Ursprung. — [14]) Gleichzeitiger Brand zweier Häuser. — [15]) Substanz.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
57	1802 gefunden	—	Albacher Mühle, Bitburg, Niederrhein [1])
58	1803 Januar 21	11—12^h nachts nachm.	Bojanowo, Schlesien [2])
59	1803 Dezember 13 (1815 ein zweiter Stein gefunden)	10—11^h vorm.	St. Nicolas, Mäßing bei Eggenfelden, Niederbayern [3])
60	?	—	Aus Sachsen? [4])
61	1804 gefunden	—	Bei Darmstadt
62	1809 Juni	—	Oberpfalz
63	1811 Juni	10^h nachm.	Heidelberg [5])
64	1812 April 15 (18)	4^h nachm.	Erxleben, Magdeburg
65	1816 Juli 19	—	Starenberg bei Bonn
66	1819 August 20	8^h vorm.	Rottweil, Württemberg
67	1819 Oktober 13	7—8^h vorm.	Politz bei Gera
68	1820 August 6	—	Ovelgönne, Oldenburg [6])
69	1821 März 5	—	Im Greifswalder Kreise, Pommern
70	1822 Juni 19 (Juli)	11—12^h nachm. nachts	Allerhöhe bei Hamburg [7])
71	1826 gefunden	—	Neuheim bei Frankfurt a. M.
72	1831 gefunden	—	Bei Magdeburg
73	1833 gefunden	—	Rittersgrün bei Schwarzenberg, Sachsen
74	1834 Januar 1	5^h vorm.	Zeitz
75	1835 Januar 18	4—5^h nachm.	Löbau, Lausitz
76	1838 Januar 2	7^h nachm.	Bei Breslau [8])
77	1841 März 22	3^h 50^m nachm.	Seiferholz und Heinrichsau bei Grünberg, Schlesien
78	1843 August 7	1—2^h vorm.	Reine, Westf.
79	1843 September 16	4^h 45^m nachm.	Klein Wenden, Erfurt
80	1845 Januar 20	5^h 30^m bis 6^h nachm.	Grünberg, Schlesien [9])
81	1846 gefunden	—	Darmstadt [10])
82	1846 Dezember 25	2^h 45^m nachm.	Schöneberg, Schwaben, Bayern
83	1847 gefunden	—	Seeläßchen, Schwiebus, Frankfurt a. O., Brandenburg
84	1850 Februar 28	—	Meinberg, Pyrmont, Lippe-Detmold
85	1850 (1852) gefunden	—	Mainz
86	1850 gefunden	—	Schwetz a. Weichsel, Marienwerder
87	1851 April 17	8^h nachm.	Gütersloh, Minden, Westfalen
88	1854 Juli 4 (2)	—	Strehla a. d. Elbe [11])
89	1854 Juli 29	11—12^h nachm.	Gera
90	1854 Septbr. 4 (5)	kurz vor 8^h vorm.	Linum bei Ferbellin
91	1854 gefunden	—	Tabarz am Inselberge, Thüringen
92	1855 Mai 13	5^h nachm.	Gnarrenberg, Bremervörde, Hannover
93	1856 gefunden	—	Hainholz bei Borgholz, Paderborn, Westfalen

[1]) Kesselmeyer vermutet den Fall zwischen 1600 und 1700. — [2]) Substanz. — [3]) 1 Stein schlug durch das Dach eines Schuppens und wurde noch heiß aufgenommen. 1815 ist daselbst noch ein zweiter Stein gefunden. — [4]) Im Naturalienkabinet zu Gotha. — [5]) Materie. — [6]) Setzte einen Heuschober in Brand. — [7]) Brand. — [8]) Nach v. Boguslawski: Mutmaßlicher Meteoritenfall eines großen leuchtenden Meteors. — [9]) Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [10]) Nach v. Boguslawski, ohne nähere Angaben. — [11]) Nach Wolf; Kesselmeyer hält den Fall für zweifelhaft.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
94	1859 August 7	$8^h 30^m$ nachm.	Egersdorf bei Celle, Lüneburger-Heide[1]
95	1861 gefunden	—	Heidelberg, Großherz. Baden
96	1862 Januar 1	1^h vorm.	Breslau
97	1862 Oktober 7	$12^h 30^m$ nachm. mittags	Mehow, Mecklenburg-Strelitz
98	1863 gefunden	—	Bückeburg bei Oberkirchen, Schaumburg
99	1867 gefunden	—	Nöderitz bei Altenburg
100	1869 Mai 5	$6^h 30^m$ nachm.	Krähenberg, Zweibrücken, Bayr. Pfalz
101	1869 Juni 7	9^h nachm.	Bei Borkum über der Nordsee geplatzt[2]
102	1870 Januar 1	$5^h 55^m$ nachm.	Marienhofe, N. von Emden[3]
103	1870 Juni 17	2^h nachm.	Ibbenbühren, Westfalen
104	1870 September 27	6^h nachm.	In das Meer zwischen Femern und Laaland[4]
105	1872 gefunden	—	Nenntmannsdorf b. Berggießhübel, Pirna, Königr. Sachsen
106	1873 gefunden	—	Eisenberg, Sachsen-Altenburg
107	1877 Mai 17	7^h vorm.	Zwischen Steinheim und Borsdorf, bei Hungen in Hessen
108	1877 Mai 26	—	Ermensdorf bei Dresden
109	1877 August 21	6^h nachm.	Hanau, Hessen
110	1877 August 28	$10^h 30^m$ vorm.	Köln
111	1877 Dezember 26	8^h vorm.	Höhr, Nassau
112	1879 Mai 17	4^h nachm.	Gnadenfrei und Schöbergrund, Schles.
113	1880 Juli 10	—	Wylcacowa, Kreis Schroda
114	1881 September 8	$10^h 24^m$ nachm.	Zwischen Bornholm und Rügen in das Meer[5]
115	1882 August	$3—4^h$ vorm.	Von der Metter a. d. Enz, Württemberg
116	1884 gefunden	—	Braunfels, Hessen-Nassau
117	1885	—	Pützchen bei Bonn, Rheinprov.
118	1886 Mai 28	$2^h 30^m$ nachm.	Krähenholz, Barntrup, Lippe-Detmold
119	1888 März 4	11^h vorm.	Schwachenwalde, Kreis Arenswalde
120	1888 Dez. 13/14	nachts	Niederplais, Kreis Sieg, Rheinprov.
121	1889 Dezember 13	$6^h 30^m$ nachm.	Zwischen Boldenhagen und Kröpelin
122	1889 Oktober 15	$6^h 7^m$ nachm.	Bei Freiburg a. U., Thüringen[6]
123	1890 August 12	$11^h 17^m$ nachm.	Plauen, Kreis Zwickau, Sachsen
124	1891 gefunden	—	Neustadt, Mecklenburg-Strelitz
125	1891 Januar 27	—	Holzkirch, Reg.-Bez. Liegnitz
126	1891 August 31	3^h nachm.	Renncher Mühle b. Jagstzelt, Württemb.
127	1892 März 31	$3^h 45^m$ vorm.	Worms, Hessen-Darmstadt[7]
128	1892 Mai 26	Kurz nach 12^h vorm. mittags	Berlin-Schöneberg[8]
129	1892 November 10	$10^h 45^m$ nachm.	Altenburg, Sachsen[9]
130	1894 Januar 6	$7^h 58^m$ nachm.	Rhündorf b. Lichtenfels
131	1895 Juli 8	$11^h 40^m$ nachm.	Neu Glienitz b. Freienwalde[10]
132	1895 September 14	9^h nachm.	Waldenburg, Schlesien

[1]) Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [2]) Große detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [3]) Mutmaßlicher Meteoritenfall eines großen Meteors. — [4]) Große detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [5]) Von vielen verschiedenen Orten Dänemarks beobachtetes Meteor, platzte in 21 kleine Kugeln. — [6]) Ungeheuer große, platzende und detonierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfall. — [7]) Stein traf den Dachstuhl eines Hauses. — [8]) Fiel mitten auf das Straßenpflaster in Stücke. Von der Schuljugend nach allen Richtungen zerstreut. Mir mitgeteilt. — [9]) Vossische Zeitung: Auf einem Felde vor einem Dienstknecht ein glühender Stein gefallen. — [10]) Zeitungsnachricht: In das Wasser fallend.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
133	1896 gefunden	—	Bei Zwickau, Königr. Sachsen
134	1896 Februar 29	8h 43m nachm.	Socham, Halle und Döbau, Greiz [1])
135	1896 gefunden	—	Weißen Hirsch, Dresdener Heide am H. G. Wege
136	1896 September 15	—	Tuttlingen, bei dem Bahnwärterhause Stuttgarter-Straße
137	1896 Dezember 26	8h 1m nachm.	Agnesruh bei Bad Elster [2])
138	1896 Dezember 30	9h nachm.	Deggendorf, Bayern
139	1897 Januar (Febr.)	10h 30m vorm.	Liegnitz (Brieg) [3])
140	1897 Mai 18	4h 5m nachm.	Berlin, in einem Garten Matthäikirch-Str. 15 [4])
141	1897 Mai 19	7h 45m nachm.	Katzhütte, Meuselbach, Schwarzburg-Rudolstadt
142	1897 September 18	12h vorm.	Engelsberg, Nordhausen [5])
143	1898 August 9 (10)	8h vorm.	Bei Kiel [6])
144	1899 Februar 19	7h 45m nachm.	Friedeberg a. Qu., auf dem Klötzenplane der Bretscheide
145	1900 Oktober 19	4h 40m nachm.	Unweit Heidelberg [7])
146	1902 April gefund.	—	Osterfeld bei Zeitz
147	1902 August 20	10h 15m nachm.	Lennep, Rheinprovinz

Italien [8])

	Vor Christo		
1	707 (705, 704)	—	Rom [9])
2	654 (644, 642)	—	Albaner Gebirge (Mons Albanus)
3	216	—	Östl. von Rom in Latium [10])
4	210	—	Eretum in Sabinien [11])
5	207	—	Veji, nördl. von Rom, Etrurien
6	206	—	Italien wo? [12])
7	204	—	Ancona
8	176	—	Mars-See bei Crustumarium, Etrurien [13])
9	106	—	Italien wo? [14])
10	56	—	Lucanien (Neapel)
11	52 (51)	—	Italien wo? [15])
	Nach Christo		
12	921	—	Narni, nördl. von Rom [16])
13	956	—	Italien wo? [17])
14	1151	—	Lombardei
15	1236 (1240)	—	Cremona [18])
16	1474	—	Viterbo [19])

[1]) Nach der Leipz. Ill. Zeitung. — [2]) Angeblich ein 15 Pfund schwerer Stein. — [3]) Mir mitgeteilt. — [4]) Angeblich ein 630 *g* wiegender Stein. — [5]) Zersprang noch heiß in viele Stücke. — [6]) 32 Pfund-Stein. — [7]) Gewaltige Explosion: Wahrscheinlicher Niedergang eines Meteoriten. — [8]) Von den vor Christo stattgefundenen Meteoritenfällen sind nur die bemerkenswertesten aufgeführt worden, andere sind wohl nur Sternschnuppenfälle gewesen. — [9]) Herabfallen eines ehernen Schildes (wohl Eisenmasse) mit heftiger Detonation. — [10]) Brennende Steine fielen vom Himmel, wenn nicht Sternschnuppen. — [11]) Es regnete Steine. — [12]) Es fielen feurige Steine (Sternschnuppen). Nach Greg. — [13]) Livius: Ein Vogel ließ aus seinem Schnabel einen heiligen Stein fallen. — [14]) Getöse in der Luft. Man sah eine Keule vom Himmel fallen. — [15]) Eisen nach Kesselmeyer. — [16]) Viele Steine, von denen der eine in den Fluß fiel und eine Elle über dem Wasserspiegel hervorragte. Nach Buchner. — [17]) Unter Sturm und Donner fiel ein großer Stein vom Himmel. — [18]) Nach Schnurrer ein großer Stein. — [19]) Zwei große Steine.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
17	1491 März 22	Bei heiterem Himmel	Rivolta de Bassi, Crema, Lombardei
18	1496 Jan. 26 (28)	9h vorm.	Valdinore, zwischen Cesena und Bertinoro Forli
19	1511 September 4	8h nachm.	Crema [1])
20	1525 Juni 28 (29)	—	Mailand
21	1545	—	Piemont
22	Zwisch. 1550 u. 1570	—	An mehrern Orten Piemonts [2])
23	1557 November 25	—	Italien wo?
24	1569 Sept. 14 (15)	—	Venedig [3])
25	1583 Januar 9	Bei heiterem Himmel	Castrovillari, Kalabrien
26	1583 März 2	—	Piemont [4])
27	1596 März 1	5h 30m nachm.	Crevalcore, Ferrara
28	1635 Juli 7	—	Calce, Vicenca
29	1650 (1660) Sept. 4	—	Bei Mailand [5])
30	1668 Juni 19 (21)	12—1h vorm. (nachts)	Vago, Caldiero, Verona [6])
31	1672	nachts	Verona [6])
32	1676 März	7h vorm.	Livorno aus gesehen mit der Richtung nach Korsika [7])
33	1697 Januar 13	4—5h nachm.	Pantolino und andern Orten bei Siena, Toskana
34	1737 Mai 21	—	Zwischen Lissa und Monopoli, in das Adriatische Meer fallend
35	1755 Juli	—	Fluß Crati bei Terranova, Kalabrien
36	1755 Oktober 14	8h vorm.	Lucarno [8])
37	1766 Mitte Juli	5h nachm.	Aborretto, Modena [9])
38	1766 August 15	—	Novellora bei Modena [9])
39	Zwisch. 1769 u. 1779 gefunden	—	Collina di Brianza, Mailand
40	1776 (1777) Ende Jan.	2—4h nachm.	Sanatoglia bei Fabriano, Ancona
41	1782 Juli	nachts	Tata und Tamoretti bei Turin
42	1791 Mai 17	5h vorm.	Kastel-Berardenga bei Siena, Toskana
43	1794 Juni 16	7h nachm.	Zu Pienza. Cosona u. zu Lucignan bei Siena
44	1808 April 19	12—1h nachm. (mittags)	Borgo-San-Domino und Pieve di Casignova, Parma
45	1813 März 14 (4)	3—4h nachm.	Cutro, zwischen Crotone und Canton-Zera, Kalabrien [10])
46	1819 Ende April	—	Massa Lubrense, Neapel
47	1820 November 29	7h nachm.	Cosenza, Kalabrien [11])
48	1822 Juni 17	—	Castania, Sicilien [12])

[1]) Während einer Sonnenfinsternis fielen viele Steine; auch soll ein Mönch erschlagen, Vögel und Schafe getötet sein. Der Fall des Meteors wurde von Raffael auf einem Bilde verewigt. — [2]) Eisen nach Kesselmeyer. — [3]) Es fielen Sterne und Feuer vom Himmel und schlugen in 2 Pulvertürme und in einen Schwefelturm. Sächsische Chronik. — [4]) Aus einer donnernden Wolke fiel nach Kesselmeyer ein Stein, der dem Herzog von Savoyen gebracht wurde. — [5]) Ein Stein fiel in das Kloster St. Maria della Pace und tötete einen Franziskanermönch. — [6]) Vielleicht identisch. Nach Buchner wird in der Akademie zu Verona ein Stück des Steines aufbewahrt. Kesselmeyer sagt: Januar 19. — [7]) Mutmaßlicher Meteoritenfall in das Meer und mit großer Erschütterung einer zerspringenden Feuerkugel. — [8]) Meteorstaub nach Chladni. — [9]) Vielleicht identisch. Arago führt beide jedoch selbständig auf. — [10]) Unter Donnerschlägen: roter Regen, Staub und mehrere Steine. — [11]) Nach Greg: Casenza, Jonische Inseln. — [12]) Brand.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
49	1824 Jan. 13 (15)	$8^h\ 30^m$ nachm.	Renazzo (Arenazza) nördl. von Centa bei Ferrara
50	1834 August 26	—	Padua
51	1834 Dezember 15	mitternachts	Marsala, Sicilien
52	1836 Februar 8	7^h nachm.	Rivoli, Piemont [1]
53	1836 September 18	10^h vorm.	Florenz [2]
54	1839 November 29	$3—4^h$ nachm.	Neapel
55	1840 Juli 17	$7^h\ 30^m$ vorm.	Cereseto aei Ottiglio, Piemont
56	1841 Juli 17	—	Mailand
57	1846 Mai 8	$9^h\ 15^m$ vorm.	Monte-Milone a. d. Potenza, Macerata, Ancona
58	1853 Februar 10	1^h nachm.	Girgenti, Sicilien
59	1855 Mai 24 (25)	$10^h\ 20^m$ vorm.	Bei Civita-Vechia [3]
60	1856 November 12	4^h nachm.	Trenzano, Brescia, Lombardei
61	1860 Februar 2	$11^h\ 45^m$ vorm.	Alessandria, San Giul. vechio, Piemont
62	1868 Januar 30	7^h nachm.	Larioi, im Golf von Spezia
63	1868 März 1	Zwisch. $10^h\ 30^m$ u. $10^h\ 45^m$ vorm.	Motta di Conti, Casale
64	1871 März 24	$8^h\ 15^m$ nachm.	Urbino, Pesaro [4]
65	1872 August 31	$5^h\ 15^m$ vorm.	Orvinio, Umbrien [5]
66	1875 September 14	4^h nachm.	Supino bei Frosione, ehemal. Kirchenstaat
67	1880 März 29—30	$11—12^h$ nachm. nachts	Catania, Sicilien [6]
68	1883 Februar 16	$2^h\ 30^m$ nachm.	Alfianello bei Brescia
69	1885 Dezember 6	$10^h\ 25^m$ nachm.	Neapel, in der Straße Florentino
70	1886 Mai 24	—	Torre, Assisi, Perugia
71	1890 Februar 3	$1^h\ 30^m$ nachm.	Antifona, Collescipoli, Terni

Dänemark

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	(?)	—	Island [7]
2	1076	—	Dänemark wo? [8]
3	1646 Mai 16	—	Kopenhagen [9]
4	1647 zu Pfingsten	—	Insel Falster [10]
5	1665 März 30 (April 6)	8^h vorm.	Örsted auf Fünen [11]
6	1817 März 2	$12—1^h$ vorm.	Baltisches Meer [12]
7	1873 März 25	$8^h\ 20^m$ nachm.	Bei der Insel Samroe [13]
8	1876 September 7	$1^h\ 30^m$ nachm.	Ringkjöbing [14]
9	1878 August 29	$2^h\ 30^m$ nachm.	Mern, Prästö auf Seeland
10	1881 September 8	$10^h\ 24^m$ nachm.	In die Ostsee zwischen Bornholm und Rügen gefallen [15]

[1]) Detonierende Feuerkugel mit Meteorstaub. — [2]) Substanz. — [3]) Nach Buchner fiel eine große Feuerkugel mit langem Schweif und unter heftigem Geräusch nur 15 Schritt von einem Schiffe in das Meer. Nach Kesselmeyer am 17. September 1856: 42° 7′ und 11° 46′ westl. Br. — [4]) Nach Flight: detonierende Feuerkugel mit Meteoritenfällen. — [5]) Brand. — [6]) Meteorischer Staubregen. — [7]) Nach Kesselmeyer: angeblich ein aus der Luft gefallener Anker, der angeblich in der Kirche zu Klöna auf Island aufbewahrt worden war. — [8]) Nach Greg und andern. — [9]) Nach Kesselmeyer: ein vom Himmel gefallener Stein. — [10]) Steine zur Zeit eines Hagelfalles. [11]) Nach Terwald Köhl hat der Steinfall bei Örsted, NO von Assens stattgefunden. Der Stein wurde längere Zeit aufbewahrt, nachher aber fortgeworfen. — [12]) Von Gothenburg in Schweden und Odense auf Fünen sah man einen Feuerregen zwischen Bornholm und Rügen in das Meer stürzen. — [13]) Feuerkugel Deton. platzende $^1/_2$ Mondgröße mit vermutlichem Meteoritenfalle. — [14]) Stein nicht gefunden. — [15]) Nach T. Köhl von Kopenhagen und andern Orten Dänemarks gesichtet.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
11	1888 gefunden	—	Nökjobing [1])
12	1895 gefunden	—	Lysabilds bei Düppelburg [2])
		Norwegen und Schweden	
1	1822 Juni 13	4h nachm.	Christiania [3])
2	1822 September 10	10h 30m bis 11h nachm.	Carlstadt [4])
3	1848 Dezember 27	6h nachm.	Schieshi, Akerhuus b. Kregstedt, Norwegen
4	1869 Januar 1	12h 30m nachm. mittags	Hessle, Upsala, Schweden
5	1873 Mai 14	10h nachm.	Norrbärke in Dalarma, Schweden [5])
6	1876 Juni 28	11h 30m vorm.	Ställdalen, nördl. v. Filipstadt, Schweden
7	1877 März 18	7h 52m nachm.	Nordufer des Wenern-Sees, Schweden [6])
8	1877 April 29	8h 37m nachm.	Zwischen Lulea und Pitea, Schweden [7])
9	1882	—	Högsby [8])
10	1883 Juli 4	am Tage	Brodby, Westermanland, Schweden [9])
11	1884 Mai 20	8h 9m nachm.	Mildt Vaage im östl. Teil der Tysnes-Insel, Norwegen
12	1885 April 22	—	Ostergötland, Eisenbahn-Station zu Fogelsta, Schweden
13	1886 März 11	6h 15m nachm.	Aastoedt, Bergen, Norwegen [10])
14	1889 April 3	7h 40m nachm.	Lundgard, Kellena, Schonen, Schweden
15	1889 April 26	—	Südliche Schweden
16	? gefallen	—	Ostra Ljemgby i. Sköne [11])
17	1892 gefunden	—	Morradal Grjotlien, zwisch. Skiakel u. Stryn
		Österreich-Ungarn	
1	1112 nach Chr.	—	Aquileja, Aglar, Illyrien [12])
2	1305 (1304) Okt. 1	—	Vandals, Südösterreich [13])
3	Zwischen 1340 und 1520	—	Elbogen, Böhmen [14])
4	1361	—	Zwettl. In Nieder- od. Oberösterreich
5	1559	—	Miskolcz, Borschod, Ungarn
6	1618	—	Böhmen [15])
7	1618 Ende August	—	Musacöz, Mur-Insel, Ungarn
8	1642 Dezember 12	—	Zwischen Ofen und Gran, Ungarn [16])
9	1723 Juni 22	10—11h vorm.	Pleschkowitz, Reichstadt, Böhmen [17])
10	1727 Juli 22	2h nachm.	Liboschitz, Reichstadt, Kreis Bunzlau, Böhmen [18])
11	1751 Mai 26	6h 50m nachm.	Hraschina, Agram, Kroatien
12	1753 Juni 3 (Juli)	8h nachm.	Hof-Krawin b. Strkow, Plan, Böhmen [19])
13	1768 November 20	4h nachm.	Mauerkirchen, Braunau, Österr. ob. der Enns

[1]) 500 *kg* nach der Zeitschrift »Nature« und anderen Autoren. — [2]) Stein in einer Weide gefunden; soll nach T. Köhl kein Meteorstein sein. Angeblich 1843, August 12. gefallen. — [3]) Bituminöse Masse. — [4]) Mutmaßlicher Meteoritenfall. — [5]) Sirius 1873: Explosion mit starker Detonation. Meteoriten fielen in einem Walde nieder. — [6]) Vermutlicher Meteoritenfall nach Nordenskjöld. — [7]) Nordenskjöld: Meteoriten nicht gefunden. — [8]) »Fortschritte der Physik«: schlug Löcher in das Eis. Weitere Angaben fehlen. — [9]) Steine und Hagel. — [10]) Nach »Nature«: Unter Detonation Löcher in das Eis. — [11]) Nach Cohen. — [12]) Glühende Steine. — [13]) Nach Kesselmeyer, Greg sagt Lusatia, Saxony, wahrscheinlich 1304, Oktober 1. — [14]) Eisenmeteor, unter dem Namen: »Der verwunschne Burggraf« bekannt. — [15]) Niederfall einer metallischen Masse. — [16]) Weiches Eisen wahrscheinlich? — [17]) 8 Steine. — [18]) 25 Steine. Jedenfalls beide identisch. — [19]) Brezina und Wülfing: 3. Juni, Buchner und andre 3. Juli.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
14	1808 Mai 22	5h 30m bis 6h vorm.	Stannern, Iglau, Mähren
15	1808 September 8	3h 30m nachm.	Wustra und Stratow, Lissa, Böhmen
16	1813 März 8	2h nachm.	Brünn [1])
17	1814 (1815) gefund.	—	Lenarto, Saroher-Komitat, Ungarn
18	1819 September 5	11—12h vorm. mittags	Studein, Teltsch, Mähren [2])
19	1820 Mai 22	11—12h nachm.	Ödenburg, Ungarn
20	1824 Oktober 14	8h vorm.	Praskoles, Zebrak, Böhmen
21	1824 Dezember 17	6h 30m nachm.	Neuhaus, Böhmen [3])
22	1829 November 19	10h 5m nachm.	Prag [4])
23	1829 gefunden	—	Bohumilitz bei Winterberg, Böhmen
24	1831 September 9	3—4h nachm.	Znorow, Wessely, Mähren
25	1833 November 20	7h 30m vorm.	Bei Preßburg [5])
26	1833 November 25	6h 30m nachm.	Blansko, Brünn, Mähren [6])
27	1834 November 29	—	Szala, Raffaden, Gespann Salad
28	1836	—	Am Plattensee [7])
29	1837 Januar 15	5h nachm.	Mikolowa am Plattensee, Gespann Salad [7])
30	1837 Juli 24	11h 30m vorm.	Groß-Divina bei Budetin, Gespann Trentschin, Ungarn
31	1840 gefunden	—	Magura, Szlanicza, Arva, Ungarn
32	1841 August 10	10h nachm.	Iwan, Ödenburg [8])
33	1842 April 26	8h nachm.	Pusinsko-Selo, Milena, Kroatien
34	1843 November 10	5h nachm.	Auf der Donau, Österreich
35	1845 gefallen (gef.)	—	Siebenbürgen
36	1847 Juli 14	3h 45m vorm.	Hauptmannsdorf, Braunau, Königgrätz, Böhmen [9])
37	1851 gefunden	—	Alt-Bèlá, Mähren
38	1852 September 4	4h 30m nachm.	Fekete u. Teich Istento, Mezö Madarasz Siebenbürgen
39	(?)	—	Deeresheim bei Hallerstadt [10])
40	1852 Oktober 13	3h nachm.	Borkut, Szigeth, Marmaros, Ungarn
41	1854 Mai 10	—	Iwan, Ödenburg, Ungarn [11])
42	1857 April 15	10h 30m nachm.	Kaba, Debreczin, Nord-Bihar, Ungarn.
43	1857 Okt. 10 (11)	12—1h vorm. (mitternachts)	Veresegyháza, Ohaba, Carlsburg. Siebenbürgen
44	1858 Mai 19	8h vorm.	Kakowa, Oravitza, Temeser Banat, Ungarn
45	1859 Juli 31	9h 30m nachm.	Montpreis, Steyermark
46	1861 gefunden	—	Breitenbach, Bez. Platten, Kreis Elbogen
47	1862 gefunden	—	Rokytzau, Pilsen, Böhmen
48	1866 Juni 9	4h 30m nachm. (5 Uhr)	Knyehinya, Ungarn [12])
49	1866 September 13	1h vorm.	Tuschkau, Pilsen, Böhmen [13])

[1]) Unter Detonation eines Meteors fiel Materie. — [2]) Erdregen und kleine Steinchen. — [3]) Feuerkugel mit harziger Masse. — [4]) Nach Schwefel riechende kristallinische Masse. — [5]) Explodierende Feuerkugel mit mutmaßlichem Meteoritenfalle. — [6]) Anfangs 3 Steine. Baron Reichenbach ließ die Gegend planmäßig absuchen und fand noch 8 Steine. — [7]) Jedenfalls identisch. Ein noch glühender Stein. — [8]) Ein viel umstrittener Meteorstein. — [9]) 2 Eisenmassen. — [10]) Nach dem Jahrbuche der k. k. Geologischen Reichsanstalt: zweifelhafter Meteoritenfall. — [11]) Nach Charl Upan Shepard angezweifelt. Sollte der von 1841, August 10. mit diesem Falle identisch sein? — [12]) Nach Schätzung mehr als 1000 Steine. — [13]) Feuerkugel von Sonnengröße, detonierend mit Erschütterung und mutmaßlichem Meteoritenfalle.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
50	1868 Mai 22	10h 30m nachm.	Stavetic, Agram, Kroatien
51	1873 Mai (8)	—	Proschwitz [1]
52	1874 April 10	7h 57m nachm.	Bei Majelevic, Tetschen, Böhmen [2]
53	1875 März 31	3—4h nachm.	Zsadany, Ungarn
54	1877 gefunden	—	Zwischen Mühlau und Weihenberg, Mecherburg, Innsbruck
55	1878 Juli 15	1h 45m nachm.	Tieschitz und Tischtin, Prenau, Mähren
56	1882 Februar 3	3—4h nachm.	Mocs und Umgebung, Ungarn
57	1883 Januar 17	8h nachm.	Glogovacz bei Arad [3]
58	1883 März 23	5h vorm.	Smidar, Kreis Bildschow, Böhmen
59	1887 April 21	9—10h nachm.	In die Braunau, unweit Waidhofen a. Thaya, Niederösterreich [4]
60	1887 Oktober 23	4h 15m nachm.	Im Außenhafen von Pola [5]
61	gefunden	—	Pniow, Böhmen
62	gefunden	—	Chotzen bei Hohenmauth, und Chrudin, Böhmen
63	1890 gefunden	—	Nagy-Uazsony, Veszprimo, Ungarn
64	1895 Mai 9	—	Nagy-Borove, Ungarn
65	1896 April 13	7h 30m vorm.	Velika-Solina bei Agram [6]
66	1898 gefunden	—	Wiener Prater [7]
67	1897 August 1	11h 6m vorm. mittags	Zavid bei Rózany, Zvornik, Bosnien
68	1899 April 30	—	Außig, Böhmen
69	1901 September 14	—	Kaschau, Ungarn

Staaten der Balkan-Halbinsel und griechische Inseln

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
	Vor Christo		
1	1478	—	Cybellische Berge auf der Insel Kreta
2	1403	—	Berg Ida, Insel Kreta
3	?	—	Delphi [8]
4	1200	—	Orchomenes, Griechenland
5	1168	—	Berg Ida auf Kreta [9]
6	570 (520)	—	Insel Kreta
7	476	—	Agos Potamos, Thracien [10]
8	?	—	Kassandria (Posidäa) Macedonien
9	465	—	Theben, Böotien [11]
10	Anfang der 80 Jahre	—	Athen nahe bei dem Jupiters-Tempel.
	Nach Christo		
11	452	—	Thracien [12]
12	648	—	Konstantinopel
13	1472 November 8	—	Konstantinopel [13]
14	1514 September 7	—	Sugolie Grenze von Ungarn [14]
15	1637 Dezember 6	—	Meerbusen v. Volo, Pelagas Sinus, Thessalien

[1]) Meteorkügelchen. — [2]) Große detonierende Feuerkugel von Sonnengröße mit mutmaßlichem Meteoritenfalle. — [3]) Meteorit schlug durch das Eis eines Sumpfes. — [4]) Fall wird bezweifelt. — [5]) Eine glühende Kugel bei hellem Sonnenscheine 200 m vom Schulschiff Venebech. — [6]) Brand. — [7]) Harzige Substanz, welche Stanislaus Meunier für meteorischer Natur hält. — [8]) Nach Kesselmeyer: Angeblich ein vom Saturn auf die Erde geschleuderter Stein, der im Appollotempel aufbewahrt worden war. — [9]) Nach Arago: Eisenmasse. — [10]) Der berühmteste Steinfall des Altertums. Plinius bemerkt, daß der Stein die Größe eines Wagens gehabt habe und eine Farbe, als ob er ausgebrannt wäre. — [11]) Unter Feuer und Getöse vom Himmel gefallener als Mutter der Götter bewahrter Stein. — [12]) Nach Chladni: drei große vom Himmel gefallene Steine. — [13]) Dunkle Staubwolke. — [14]) Nach S. Meunier.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
16	1706 Juni 7	2—3h nachm.	Larissa, Thessalien
17	1740 Oktober 25	12h vorm. mittags	Hasargrad oder Rasgrad, zwischen Schumla und Rustschuk [1])
18	1774	—	Tirgowiste, Rumänien [2])
19	1805 Juni	am Tage	Konstantinopel, mitten in der Stadt auf dem Fischplatz [3])
20	1810 November 23	9—10h nachm.	Zwischen der Insel Cerigo und Kap Matapan
21	1818 Juni	am Tage	Seres, Macedonien
22	1818 Oktober 31	8h 30m nachm.	Bei Bukarest [4])
23	1828 Mai	—	Tscheroi, zwischen Weddin u. Krojowa
24	1850 August 29	10h nachm.	Nauplia [5])
25	1864 April 10	6h 40m nachm.	Griechische Insel Polinos [6])
26	1873 gefunden	—	Wlaschka, Tirnowa, Rustschuck, Nord-Rumelien
27	1874 Mai 20	—	Wirba, Weddin, Walachei, Rumänien.
28	1877 Oktober 13	2h nachm.	Sarbanovac, Sokobanja, Alexinac, Serbien.
29	1883 Juni 2	—	Im Walde bei dem Dorfe Urba bei Konstantinopel
30	1889 Dezember 1	2h 30m nachm.	Kasak, Mittelpunkt des Falles im Zeliza-Gebirge, Serbien
31	1891 Oktober 10	—	Guca, Cacat, Serbien
32	1894 Juli 19	—	Surakina Gregonana auf Kreta
33	1895 Juli 10	9h nachm.	Szakal bei Temeswar

Rußland ohne Sibirien

Lauf. Nr.	Zeit des Falles	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1212 Februar 2	—	Nowgorod
2	Zwisch. 1251 u. 1360	am Tage	Wilikoi-Usting, Wologda
3	1421 Mai 19	—	Nowgorod
4	1600	—	Warschau [7])
5	1686 Januar 31	10h 45m nachm.	Rauden, Kurland [8])
6	Fallzeit unbekannt	—	Simbirsk
7	1704 Juli 19	—	Meteoritenfall in den Ostsee-Provinzen.
8	1721	—	Riga [9])
9	1775 (1776) Herbst	—	Obruteza, Volhynien
10	1787 Oktober 13	3h nachm.	Jigalowka, Bobrik, Charkow
11	1796 Jan. 16 (1797)	—	Bjelaja Zerkow, Kiew, Ukraine
12	1807 März 25	3h nachm.	Timoschin, Smolensk
13	1809 gefallen	—	Kiking, Wjasemsk, Smolensk
14	1810 gefunden	—	Rokicky, Brahin, Minsk
15	1811 März 12	11h vorm.	Kuleschowska, Poltawa
16	1812 September 5	12—1h vorm.	Borodino, Moskau
17	1813 Dezember 13 (1814 März)	2—3h nachm.	Luotolaks (Lontalax) Wiborg, Finnland
18	1814 Januar 23	—	Scholakoff, Ekaterinoslaw

[1]) 2 Steine, 5 Tage nach dem Tode Karls VI. — [2]) Eine Notiz, die 1895 in Urkunden gefunden. — [3]) Mehrere Steine. — [4]) Zweifelhafter Meteoritenfall. — [5]) Steine sind zwar aufgefunden, aber wieder verloren gegangen. — [6]) Angeblich 2 Aeroliten. J. Schmidt gibt an, daß es die größte detonierende Feuerkugel gewesen, die er je gesehen. Massen, wie Schmidt sie vermutet hatte, sind jedoch nicht gefunden. — [7]) Stein, welcher den Turm eines Gefängnisses zerstörte. — [8]) Meteorpapier. — [9]) Brand in der Peterskirche.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
19	1814 Februar 15	0—1h nachm. mittags	Alexejewska, Bachmut, Ekaterinoslaw
20	1818 April 10 (11)	—	Zaborzyka, Volhynien
21	1818 August 10	—	Slobodka, Smolensk
22	1819 Mai 26 (19)	—	Paulowgrod
23	1820 Juli 12	5—6h nachm.	Lasdany, Lixna, Witebsk
24	1820 November 12	4h nachm.	Chotmischsk, Sterlitamansk
25	1822 gefunden	—	Rokicky bei Brahin, Minsk [1])
26	1823 Ende Dezbr.	—	Botschetschki, Kursk
27	1824 Oktober 20	—	Stalitamank, Orenburg [2])
28	1825 Juli 28	—	Chirokij unweit Cherson [3])
29	(?)	—	Czartoya, Volhynien
30	gefunden?	—	Im Gouvernement Poltawa
31	1826 Mai 19	—	Mordvinowska, Paulowgrod, Ekaterinoslaw
32	1827 Oktober 17	9—10h vorm.	Bialystock, Kuasti-Knasti, Jasly
33	Vor 1828 Mai	—	Simbirsk
34	1829 September 9	2h nachm.	Krasnoy-Ugol, Rjäsan
35	1834 Januar 8	9—10h vorm.	Okniny, Okaninah bei Kremenetz, Volhynien
36	Vor 1838	—	Slobodka, Rußland
37	1840 Mai 9	11—12h vorm. mittags	Karakol, Kirgisensteppe
38	1843 gefunden	—	Bei Badjansk am Asowschen Meere [4])
39	gefunden	—	Im Gouvernement Kursk
40	1843 November 12	11—12h vorm. mittags	Werchne Tschirskaja, Stanitza am Don
41	1845 gefunden	—	Im Kreise Romy, Poltawa
42	1845 (?) gefunden	—	Im Gouvernement Kursk [5])
43	1846 gefunden	—	Netschaëwo, Tula
44	1850 gefunden	—	Bei Abo, Finnland
45	1854 gefunden	—	Sarepta a. d. Wolga, Sarato.
46	1855 Mai 5	5h nachm.	Igast, Livland [6])
47	1855 Mai 11	3—4h nachm.	Kaande, Insel Ösel
48	1857 März 24	5h nachm.	Stawropol, Kaukasus
49	1858 August	—	Zmeny, Stolin, Pinsk, Minsk
50	1859 gefunden	—	Czartorysk am Styr, Volhynien
51	1861 Juni 28	7h nachm.	Mikenskoi, Grosnaja, Kaukasus
52	1863 Juni 2	7h 30m vorm.	Buschhof, Jakobstadt, Kurland
53	1863 August 8	0h 30m nachm. mittags	Aukoma u. a. Ort Pillistfer, Livland [7])
54	1864 April 12	4h 45m vorm.	Nerft, Kurland
55	1864 (1862) Juni 26	7h vorm.	Dolgowoli, Volhynien
56	1868 Januar 30	6h 45m nachm.	Pultusk, Sielce Nowy, Polen [8])
57	1869 gefunden	—	Werchnedjeprowsk, Ekaterinoslaw
58	Fallzeit unbekannt	—	Mohilew
59	Fallzeit unbekannt	—	Grodno
60	1871 gefunden	—	Oczeretna, Lipowitz (Lipowez), Kiew

[1]) Man vergleiche Nr. 14. — [2]) Bezweifelter Meteoritenfall. — [3]) Zweifelhaft nach Chladni. — [4]) Nach Buchner. — [5]) Vielleicht identisch mit Nr. 39. — [6]) Bezweifelter Meteorstein. — [7]) Ein sehr reicher Fall. Ein Stein schlug in einen Schweinestall. — [8]) Viele Tausend Steine, welche eine Strecke von 10 deutschen Meilen bedeckten. Nach Brezina soll dieser Fall mit dem an demselben Tage, 7h nachm. erfolgten Steinfalle bei Larioi im Golfe von Specia, Italien, identisch sein.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
61	1872 Juni 28	0h 30m nachm. mittags	Sikkensaare, Tennasilm, Estland
62	1873 Januar 9	—	Bei Abo in das Meer fallend
63	1874 Mai 11	11h45m nachm.	Sevrukof (Sewrjukowo) Belgorad, Kursk
64	1876 Juni 17 (19)	—	Vanilowska, Cherson
65	1876 gefunden	—	Werchne Drieprowsk, Ekaterinoslaw
66	1877 Juni 17	—	Yodzé, Poneviej Kosno
67	1878 November 20	—	Rakowka, Tula, Galun
68	1881 November 19	6h 30m vorm.	Großliebenthal und Sitschawska b. Odessa[1])
69	1882 August 2	4—5h nachm.	Pawlowka, Karai, Balaschew, Saratow
70	1886 September 16	7h 18m vorm.	Nowy Urej, Krasnoslobadck, Pensa
71	1887 Januar 1	—	Bielokrysnitchie, Zasland, Volhynien
72	1887 Juli 3	11h vorm.	Niederbartau, Kurland
73	1887 August 30	1h nachm.	Ochansk und Taborg, Perm
74	1888 gefunden	—	Bischtrübe (Bisch-Tjube) Nicolaew, Tourgais
75	1889 Juni 18	—	Mighea, Elisawetpol, Transkaukasien
76	1890 April 16 (10)	4h nachm.	Mißhof, Kurland
77	1891 April 9 (7)	—	Indarck, Elisabeth, Transkaukasien
78	1892 gefunden	—	Augustinowka, Ekaterinoslaw
79	?	—	Romy, Poltava
80	1893 September 22	—	Zabordje, Wilna[2])
81	1894 Juli 27	—	Sawtschenskoje, Cherson
82	1894 Dezember 7	—	Buschany, Stonim, Grodno
83	? gefunden	—	Netschaewo, Tula
84	1895 Mitte August	10h nachm.	Kljutsch, Krassnowtimski, Perm
85	1899 März 12	9h 47m nachm.	Stensbölle-Fjörde b. Bjurböle, Borga, Finnl.
86	1901 September 9	—	Soll in einem russischen Dorfe ein großer Brand durch einen fallenden Meteorstein entstanden sein[3])

Klein-Asien

	Vor Christo		
1	Vor 1460	—	Gibeon, nördl. von Jerusalem[4])
2	Vor 1180	—	Troja[5])
3	Fallzeit unbekannt	—	Troja[6])
4	desgleichen	—	Ephesus[7])
5	desgleichen	—	Laodicea bei Ephesus[8])
6	desgleichen	—	Tyrus, Phönizien[9])
7	desgleichen	—	Hierapolis, Syrien[10])
8	desgleichen	—	Babylon[11])
9	desgleichen	—	Paphos, Insel Kypern[12])

[1]) An letzterem Orte wurde ein Postillion von einem fallenden Steine verwundet. — [2]) Ein Stein fiel auf ein Bauernhaus. — [3]) Wisselinus, III. Band. — [4]) Nach Lycosthenes: Hagel von Steinen. — [5]) Nach Homers Ilias hängte Jupiter der Juno zwei große Amboße an die Füße und band mit goldenen Fesseln die Hände der Gattin; später löste er aber die Fesseln und warf die Klumpen nach Troja herab. Nach Eustathius wurden später 2 Klumpen von den Periegaten in Troja gezeigt. — [6]) Nach von Dalberg gab Apollo einen schwarzen Stein dem Trojaner Helenos. — [7]) Nach v. Hammer ein vom Himmel gefallenes Bild der Diana. — [8]) Nach v. Dalberg: »Bätylos-Stein«, welcher am Eingange des Dianatempels zu Laodicea stand. — [9]) Nach von Dalberg: der als Stern vom Himmel gefallene Stein, welchen die Göttin Astarte der Stadt Tyros reichte. — [10]) Nach von Hammer und andern: Angeblich vom Himmel gefallenes Bild der Syrischen Liebesgöttin Derkato. — [11]) Kesselmeyer: der in den Ruinen von Babylon mit Keilschrift versehene Stein, welcher vielleicht ein Meteorstein gewesen ist. — [12]) Von Hammer: angeblich vom Himmel gefallenes Bild der Aphrodite.

Lauf. Nr.	Zeit des Falles, resp. Auffindung der herabgefallenen Meteormassen	Tageszeit	Fallort oder Fundort
10	Fallzeit unbekannt	—	Cyzicus, Mysion[1]
11	desgleichen	—	Pessinus, Phrygien[2]
12	desgleichen	—	Abydos am Hellespont, Mysien
13	75 bis 78	—	Otryal (Otryae) Phrygien
	Nach Christo		
14	55	—	Libanongebirge
15	500	—	Emesa
16	898 (897)	—	Ahmed-Jad bei Kufah, Bagdad
17	1110 Winter	—	See Van
18	1130 März 8	—	Mosul am Tigris
19	1340	—	Birki (Birgeh), OSO von Smyrna
20	Um 1451	—	Beth-Horon, SW von Jerusalem[3]
21	? gefunden	—	Tal von Ekmah-Chai, Armenien[4]
22	? gefunden	—	Berg Athos
23	1868 Dezember 10 oder 14	8^{h} vorm.	Jagy bei Trapezunt
24	1870 gefunden	—	Nördl. von Renkioi am Hellespont
25	1873 gefallen	—	Aleppo (Haleb)
26	1881	—	Thymbra in der Ebene von Troja
27	1883 gefunden	—	Adalia, Konia
28	1886 Februar 4	6^{h} nachm.	Östl. von Thanax Kalesi[5]
29	1886 Februar 5	$9^{h}\,20^{m}$ nachm.	Etwas südlicher als Thanax-Kalesi[6]

Nord-Afrika

Lauf. Nr.	Zeit	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	46 v. Chr.	—	Acilla (Acilia) bei Thapsus, südl. v. Carthago
2	481 n. Chr.	—	Afrika wo?[7]
3	856 Dezember	—	Sawaida (Savadi) südl. von Kairo
4	1021 zwisch. Juli 24 und August 21	—	Afrika wo?[8]
5	1280	—	Alexandria
6	1823 (1828) Jan. 9	—	Mortahiab und Dakhaliak, Egypten
7	1849 November 13	$6^{h}\,30^{m}$ nachm.	Tripolis
8	1850 Januar 25	—	Tripolis

Algerien

Lauf. Nr.	Zeit	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1865 gefunden	—	Dellys[9]
2	1865 August 25	11^{h} vorm.	Senhadja, Aumale[9]
3	1867 Juni 9	$10^{h}\,30^{m}$ nachm.	Tadjéra, Setif Konstantine
4	1875 August 16	$11-12^{h}$ vorm. mittags	Feid-Chair, La Calle, Konstantine
5	1888 gefunden	—	Haniét-el-Beguel, Ghardaia M'Zab
6	1892 gefunden	—	Hessi Jekner
7	1892 Mitte März	am Tage	Stadt Algier[10]
8	? gefallen	—	Zu D'El Golea

Marokko

Lauf. Nr.	Zeit	Tageszeit	Fallort oder Fundort
1	1868 Mai 29	$11^{h}\,28^{m}$ nachm.	Kap Spartel

[1]) Stein, welcher nach Apulejus daselbst aufbewahrt worden. — [2]) Dieser Stein wurde später nach Rom gebracht. — [3]) Hagel von Steinen. — [4]) Nach Buchner fraglich, ob ein Meteorit. — [5]) Nach Calvert. — [6]) Nach demselben. — [7]) Vom Himmel gefallene feurige Steine. — [8]) Viele Steine bis 5 Pfund schwer aus einer mit Blitz und Donner geladenen Wolke. — [9]) Gehören vielleicht beide einem Falle an. — [10]) Stein tötete einen Neger.

Die Verteilung dieser Fälle auf die Monate ergibt folgendes:

Monat	Fälle	Monat	Fälle
Januar	39 Fälle	Juli	47 Fälle
Februar	29 „	August	49 „
März	43 „	September	45 „
April	34 „	Oktober	31 „
Mai	60 „	November	38 „
Juni	52 „	Dezember	31 „
	257 Fälle		241 Fälle

Mehrfache Meteoritenfälle fanden statt:

Im Jan. am 1. = 5 Fälle	Im Febr. am 10. = 3 Fälle	Im März am 1. = 3 Fälle
„ „ „ 2. = 4 „	„ „ „ 15. = 3 „	„ „ „ 8. = 4 „
„ „ „ 9. = 4 „	„ „ „ 19. = 3 „	„ „ „ 12. = 4 „
„ „ „ 31. = 3 „		„ „ „ 15. = 2 „
		„ „ „ 22. = 3 „
Im April am 10. = 4 Fälle	Im Mai am 4. = 3 Fälle	Im Juni am 3. = 4 Fälle
„ „ „ 26. = 3 „	„ „ „ 11. = 4 „	„ „ „ 7. = 4 „
	„ „ „ 14. = 3 „	„ „ „ 9. = 4 „
	„ „ „ 17. = 6 „	„ „ „ 13. = 3 „
	„ „ „ 18. = 3 „	„ „ „ 17. = 3 „
	„ „ „ 19. = 5 „	„ „ „ 28. = 4 „
	„ „ „ 22. = 4 „	
	„ „ „ 26. = 5 „	
Im Juli am 4. = 5 Fälle	Im Aug. am 1. = 3 Fälle	Im Sept. am 5. = 3 Fälle
„ „ „ 8. = 3 „	„ „ „ 5. = 3 „	„ „ „ 7. = 5 „
„ „ „ 19. = 3 „	„ „ „ 10. = 5 „	„ „ „ 9. = 4 „
		„ „ „ 13. = 4 „
		„ „ „ 14. = 5 „
Im Oktbr. am 1. = 4 Fälle	Im Nov. am 12. = 3 Fälle	Im Dez. am 6. = 4 Fälle
„ „ „ 13. = 4 „	„ „ „ 13. = 4 „	„ „ „ 13. = 5 „
„ „ „ 30. = 3 „	„ „ „ 20. = 3 „	„ „ „ 24. = 3 „
	„ „ „ 29. = 3 „	

Fixsterne.

Statistik der Sterne in der Zone von + 65 bis + 70° nördl. Deklination, nach den Aufnahmen für die photographische Himmelskarte auf der Sternwarte zu Greenwich.[1])

Diese Aufnahmen geschahen mit dem photographischen Refraktor von 33 *cm* Öffnung und 3.43 *m* Brennweite, nahe dem Meridian. Die Platten für die Karten haben Exponierung von 40 Minuten, jene für die Sternkataloge, solche von 6 Minuten, 3 Minuten und 20 Sekunden. Die Zählungen wurden auf Flächen von je 45° in Rektaszension und 1° Deklination vorgenommen. Jede solche Fläche hat in der Zone von 65° Dekl. ein Areal von 4.67 Quadratgrad, in 66° Dekl. von 4.48, in 67° von 4.31, in 68° von 4.12, in 69° von 3.94 Quadratgrad. Aus den Tabellen der Abhandlung möge hier folgende Übersicht hervorgehoben werden:

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 120.

			Bei einer Expositionsdauer von		
			20 Sek.	3 u. 6 Min.	40 Min.
Zahl der Sterne dieser Zone in der Bonner Durchmusterung	9.0 Größe u. heller	3094			
	überhaupt	8152			
Zahl der Sterne auf den photographischen Platten	auf wenigstens 2 Platten	6663	6663	38262	199776
	überhaupt auf allen Platten		11018	49014	229426

Bestimmungen der Parallaxen von 10 Sternen 1. Größe an der nördlichen Himmelshälfte. Diese Untersuchungen hat William L. Elkin am Heliometer der Yalesternwarte ausgeführt,[1]) und sie bilden gewissermaßen eine Ergänzung zu den Gillschen Messungen der Parallaxen von Sternen 1. Größe des südlichen Himmels.

Die Untersuchung zeigt, daß die Elkinschen Messungen mit größern zufälligen und systematischen Fehlern behaftet sind als diejenigen von Gill, doch verleiht ihre große Anzahl den definitiven Werten für die Parallaxen ein beträchtliches Gewicht. Diese Werte samt ihren berechneten wahrscheinlichen Fehlern sind:

α Tauri $\pi = +0.''109 \pm 0.''014$
α Aurigae $\pi = +0.''079 \pm 0.''021$
α Orionis $\pi = +0.''024 \pm 0.''024$
α Can. min. $\pi = +0.''334 \pm 0.''015$
β Gemin. $\pi = +0.''056 \pm 0.''023$
α Leonis $\pi = +0.''024 \pm 0.''020$
α Bootis $\pi = +0.''026 \pm 0.''017$
α Lyrae $\pi = +0.''082 \pm 0.''016$
α Aquilae $\pi = +0.''232 \pm 0.''019$
α Cygni $\pi = -0.''012 \pm 0.''023$

Von einigen dieser Sterne liegen ältere Parallaxenbestimmungen vor, unter denen aber nur bei α Canis minoris einige Übereinstimmung mit den neuen Gillschen Angaben gefunden wird. Man erkennt daraus, wie gering unsere heutigen Kenntnisse der Fixsternparallaxen überhaupt noch sind, und daß wir im Grunde genommen sicher nur wissen, daß sie in einigen Fällen an der Grenze der Wahrnehmbarkeit für unsere Instrumente stehen, in den meisten andern aber jenseits derselben.

Die Parallaxe des Doppelsterns δ Equulei. Dieser Stern 4. Gr., dessen Position am Himmel (für 1900.0) ist: AR $21^h\ 10^m$ D $+9^0\ 36'$, wurde von W. Herschel im Jahre 1781 als doppelt

[1]) Transactions of the Astr. Obs. of Yale University 1. Part. VI. New-Haven 1902.

erkannt, indem er einen Begleiter 10. Gr. in etwa 30″ Distanz sah. Im Jahre 1852 erkannte O. Struve am 15zolligen Refraktor zu Pulkowo, daß der Hauptstern für sich doppelt ist und aus zwei Sternen 4.5 und 5. Gr. besteht, die nur $^1/_3$″ voneinander entfernt waren. In den Jahren 1854 und 1855 konnten beide Sterne nicht mehr getrennt werden, und erst 1880 sah Burnham die Trennung deutlich; 1901 war sie auch am 36-Zoller der Licksternwarte zeitweise nicht zu sehen. Die Beobachtungen lehrten, daß die Umlaufszeit des Begleiters sehr kurz ist, und W. J. Hussey hat gezeigt, daß sie von 5.7 Jahren nicht sehr verschieden sein kann. Die andern Bahnelemente, welche derselbe für den Begleiter berechnete, sind folgende:

Zeit des Periastrons	$T = 1901.5$
Knotenlänge	$\Omega = 24.1°$ (für 1900.0)
Winkel zwischen Knotenlinie und der großen Achse	$\lambda = 179.0°$
Neigung der Bahnebene	$i = 82°$ oder $83°$
Exzentrizität der Bahn	$e = 0.46$
Scheinbare halbe große Achse der Bahn	$a = 0.28''$

Diese Bahnelemente sind nicht sehr genau, indessen werden sorgfältige Beobachtungen während der nächsten 3 Jahre hinreichen, die Genauigkeit derselben wesentlich zu erhöhen. Auf der Licksternwarte sind während der Epoche des letzten Periastrons mit dem Millsspektographen Bestimmungen der relativen Geschwindigkeit der beiden Komponenten des Hauptsternes in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde erhalten worden, und es ergab sich dafür der Betrag von 20,5 *km* pro Sekunde. Dieser Wert zusammen mit den Bahnelementen des Doppelsternes genügt, um daraus zunächst die in Bogensekunden ausgedrückte halbe große Achse der Bahn in Kilometern auszudrücken und weiterhin die Parallaxe des Doppelsternsystems, also seine Entfernung von der Erde, zu berechnen. Prof. William J. Hussey hat diese Rechnungen ausgeführt.[1]) Er findet für die Parallaxe den Wert $\pi = 0.071''$, und diesem entspricht eine wahre Entfernung von der Erde, welche 2 905 000mal größer ist als die Entfernung der Sonne oder 61 Billionen Meilen beträgt. Prof. Hussey zeigt des nähern, daß der gefundene Wert für die Parallaxe schwerlich um 0.012″ irrig sein kann. Die Gesamtmasse beider Sterne des Systems ergibt sich weiterhin zu 1.89 Sonnenmassen, und wahrscheinlich ist der hellere an Masse unserer Sonne gleich. Der mittlere Abstand, in welchem beide Sterne während ihres Umlaufs sich voneinander befinden, ist etwa viermal so groß als die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, beträgt also rund 80 Millionen Meilen; da die Bahn beider Sterne indessen sehr exzentrisch ist, so können sie sich bis auf 40 Millionen Meilen einander nähern, aber bis zu 120 Millionen Meilen voneinander entfernen. Beide Sterne zeigen Spektren, welche mit dem Sonnenspektrum typisch überein-

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 32.

stimmen, und man kann annehmen, daß auch ihre mittlern Dichten derjenigen der Sonne näherungsweise gleich sind. Der vorliegende Fall ist der erste, in welchem die Entfernung eines (Doppel-)Sterns von der Erde unter Zuhilfenahme seiner spektrographisch ermittelten Bewegung bestimmt wurde, und diese Bestimmung erscheint mindestens ebenso zuverlässig als die besten direkten Messungen von Fixsternparallaxen, die zurzeit vorhanden sind.

Untersuchungen über den Lichtwechsel des Algol. Dieser Veränderliche ist nicht nur dadurch interessant, daß er der erste Stern gewesen, an dem man einen auf wenige Stunden beschränkten Lichtwechsel, der durch eine mehrere Tage dauernde Periode unveränderter Helligkeit von der nächsten Lichtabnahme getrennt ist, entdeckte, sondern auch gleichzeitig derjenige Stern, bei dem später zuerst die Ursache seines periodischen Lichtwechsels mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Heute wissen wir, durch die spektrographischen Aufnahmen und Untersuchungen von Prof. H. C. Vogel, daß dieser Lichtwechsel lediglich die Folge einer periodischen Verdeckung des Algol durch einen Begleiter ist, der mit ihm um den gemeinsamen Schwerpunkt kreist; wir wissen ferner, daß dieser relativ dunkle Begleiter im Durchmesser etwas kleiner sein muß als der helle Hauptstern, daß beider Mittelpunkte nur etwa um das Vierfache ihres Durchmessers voneinander entfernt sind, und es ist wahrscheinlich, daß beide Weltkörper von mächtigen Atmosphären umhüllt werden. Die Periodendauer, also die Zeit von einem Lichtminimum zum nächsten, beträgt im Durchschnitte nach Chandler 2 Tage $20^h\ 48^m\ 55^s$, allein sie ist veränderlich und schwankt innerhalb eines Zeitraumes von 141 Jahren um etwa 3 Stunden; 1773 war sie nahezu 3 Stunden kürzer, 1843 um ebensoviel länger als die mittlere Dauer, und gegenwärtig nimmt sie wieder ab, voraussichtlich bis zum Jahre 1914. Zur Erklärung dieser Erscheinung nahm Chandler an, daß Algol samt seinem Begleiter um einen dritten dunklen Körper in 141 Jahren eine kreisförmige Bahn beschreibt, wodurch er der Erde während jedes Umlaufes bald näher, bald entfernter steht. Der Durchmesser dieser Bahn würde der doppelten Schwankung der Periodendauer entsprechen, d. h. so lang sein, als die Strecke ist, welche der Lichtstrahl in 5 Stunden 46 Minuten durchläuft. Dies gibt eine Länge, welche etwa dem Durchmesser der Uranusbahn gleichkommt. Der französische Astronom und Mathematiker Tisserand führte dagegen die Veränderlichkeit der Periodendauer des Algol auf eine Abplattung desselben zurück, wodurch eine Drehung der großen Achse der Bahn des Begleiters hervorgerufen werden muß. Je nachdem die Achse in der einen Richtung oder in der andern zur Gesichtslinie liegt, ist der Begleiter um einen gewissen Betrag vorangerückt oder zurückgeblieben, und kommt die Verfinsterung entsprechend früher oder später. Der Betrag dieser

Verfrühung oder Verspätung von 173 Minuten führt auf eine Exzentrizität der Bahn von 0.132. In einer spätern Untersuchung hat Chandler die Periode der großen Ungleichheit zu 118 Jahren berechnet und ihren Betrag zu 147^m, dieses führt auf eine Exzentrizität von 0.112.

Für alle diese Schlüsse ist eine möglichst genaue Kenntnis des Verlaufes des Lichtwechsels von Algol von entscheidender Wichtigkeit. Eine dahin zielende neue Untersuchung hat unlängst A. Pannekoek in Leiden ausgeführt und darüber berichtet.[1]) Er verbreitet sich zunächst kurz über die Tisserandsche Erklärung. Die von diesem angenommene Drehung der Apsidenlinie als Folge der Abplattung des Haupsternes wird als zutreffend vorausgesetzt. Die Abplattung des Hauptsternes hängt aber von der Rotationsdauer, der Dichtigkeit etc. ab, und daneben wird die weitere Deformation, besonders die Verlängerung der beiden Sterne in der Richtung ihrer Verbindungslinie, wie sie durch die gegenseitige Anziehung bewirkt wird, auch eine Drehung der Apsidenlinie verursachen. Pannekoek hat den Versuch gemacht, die Gestalt der beiden Sterne, besonders die des leuchtenden Hauptsternes, und die daraus daraus hervorgehenden Störungen der Bewegung genauer zu berechnen, wobei die Rechnungen mit verschiedenen Werten für die mittlere Entfernung und das Verhältnis der Durchmesser durchgeführt wurden. Bei den Werten, die der Wahrheit ziemlich nahe kommen werden, nämlich: mittlere Entfernung 4.5, Halbmesser des dunkeln Trabanten 0.44, den Halbmesser des Hauptsternes als Einheit gesetzt, findet sich die Abplattung $^1/_{85}$, die Verlängerung $^1/_{55}$; die drei Halbachsen, welche nach dem dunkeln Körper und senkrecht dazu gerichtet sind, und die Rotationsachse verhalten sich wie 1.0187 : 1.0005 : 0.9808. Diese Zahlen gelten für homogene Stoffverteilung; wenn die Oberflächenschicht eine geringere Dichtigkeit hat als die mittlere, so ändern sie sich um einen bestimmten Wert. Die Drehung der Apsidenlinie, welche sich aus diesem bedeutenden Betrage der Deformation ergibt, ist viel größer, als durch die Beobachtung angezeigt wird; es findet sich eine Drehung von 360^0 in 7 statt in 140 Jahren, und nur wenn die Oberflächendichte nicht größer als $^1/_9$ ist, wird Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung hergestellt.

Tisserand untersuchte in der oben genannten Arbeit, welchen Änderungen dabei die übrigen Verhältnisse des Lichtwechsels unterworfen sein müssen. Von größter Bedeutung war sein Resultat, daß eine mäßige Exzentrizität von ein paar Zehnteln keine Asymmetrie der Lichtkurve vor und nach dem Minimum verursachen kann, Die Asymmetrie, die sich aus den Beobachtungen von Schönfeld ergeben hatte, war vielfach als Wirkung einer Exzentrizität der Bahn gedeutet worden, obgleich schon die Rechnungen von Prof. Pickering

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3852.

ergeben hatten, daß nur eine sehr große Exzentrizität (von 0.5), welche aus andern Gründen unmöglich war, imstande ist, eine merkliche Asymmetrie zu geben. Namentlich waren es die von J. Harting in seiner Dissertation und von J. Wilsing im 7. Bande der Potsd. Publik. ausgeführten Berechnungen der Exzentrizität aus der Asymmetrie, deren Fehlerhaftigkeit im allgemeinen durch diesen Tisserandschen Aufsatz gezeigt wurde und jetzt in Einzelheiten in der vorliegenden neuen Arbeit nachgewiesen wird. Für die beobachtete Asymmetrie der Lichtkurve wird jetzt eine andre Erklärung gesucht werden müssen.

Daneben berechnete Tisserand, ob in der 140- (oder 118jährigen-) Periode eine Schwankung in dem Betrage der Lichtschwächung, also in der Helligkeit des Minimums und in der Dauer der Verfinsterung vorkommen müßte. Erstere Schwankung übergeht er als »assez faible«; Pannekoeks Rechnung ergab jedoch, daß sie einige Zehntel Größenklasse betragen müßte, also für die jetzigen Messungen und Schätzungen wohl merklich sei. Die berechnete Schwankung in der Dauer der Verfinsterung glaubte Tisserand durch die Differenz zwischen den Angaben für die ganze Dauer bei Wurm (6.5^h) und Schönfeld (9^h) bestätigt zu finden. Der Wert dieser Bestätigung ist aber zweifelhaft, da Wurm zweifelsohne nicht die ganze Dauer beobachtet hat und die äußersten Phasen, wo die Lichtstärke sich nur wenig ändert, nicht beachtete.

Es war daher der erste Zweck von Pannekoeks Arbeit über Algol, an dem zugänglichen Beobachtungsmateriale zu untersuchen, ob Schwankungen in der Helligkeit des Minimums und in der Dauer der Verfinsterung, wie sie die Theorie Tisserands fordert, nachzuweisen sind oder vielleicht durch die Beobachtungen widerlegt werden; daran wird man die Richtigkeit der Tisserandschen Theorie prüfen können. Daneben war es seine Absicht, den Betrag und den Verlauf der Asymmetrie zu verschiedenen Zeitpunkten an verschiedenen Beobachtungsreihen zu untersuchen, wodurch voraussichtlich ein Beitrag zu ihrer Erklärung zu leisten war.

Für diese Untersuchung hat Pannekoek alle vorhandenen bessern Beobachtungen, sowohl die Helligkeitsschätzungen nach Argelanders Methode als die auf der Harvardsternwarte und in Potsdam angestellten photometrischen Messungen benutzt. Es ergab sich, daß bezüglich des Verlaufes der Lichtkurven große Verschiedenheiten unter den Beobachtungsergebnissen stattfinden; selbst die Ergebnisse der photometrischen Messungen weichen voneinander ab insofern, als bei den Potsdamer Messungen die Abnahme, bei den Cambridger die Zunahme des Lichtes langsamer ist. Schließlich kommt Pannekoek zu der Annahme, daß die Ab- und Zunahme des Lichtes um das Minimum herum völlig gleichförmig erfolgt, die Lichtkurve also symmetrisch ist.

Sehr schwierig gestaltet sich die Feststellung der Helligkeit des Algol im Minimum. Die Resultate jedes einzelnen Beobachters, sagt

Pannekoek, sind in einer individuellen Skala von Sternhelligkeiten ausgedrückt; um sie mit andern vergleichen zu können, hat man die Skalen aufeinander zu reduzieren, und dazu muß man wissen, aus welchen Ursachen die gegenseitige Helligkeit der Sterne von verschiedenen Beobachtern verschieden geschätzt wird. Es ist bekannt, daß die Farbe dabei einen bedeutenden Einfluß hat; um ihn genau feststellen zu können, ist aber eine genaue Kenntnis der Sternfarben nötig, welche wir seit kurzem dem Farbenkataloge von H. Osthoff entnehmen können. Da wir jetzt auch über bedeutende und genaue photometrische Messungen der Fixsterne verfügen, erscheint es möglich, eine allgemein gültige, genaue Vergleichssternskala aus diesen Messungen und den Stufenschätzungen geübter Beobachter zu bilden, auf welche die schon abgeleiteten und benutzten individuellen Skalen reduziert werden können.

Pannekoek teilt im einzelnen mit, auf welche Weise er zu der von ihm aufgestellten Normalskala für die Helligkeiten der Vergleichssterne gelangte.

Pannekoek hat nun aus allen Beobachtungsreihen die Helligkeit des Algol im kleinsten Lichte abgeleitet und auf diese Normalskala reduziert. Es findet sich im Mittel dafür die Sterngröße 3.42. Nach der Tisserandschen Theorie sollte das Minimum im Jahre 1814 am schwächsten, 1873 am hellsten sein. Von einem solchen periodischen Wechsel zeigen die Zahlen aber keine Spur.

Findet sich hierin keine Bestätigung der Theorie, so doch auch keine entschiedene Widerlegung; die Helligkeit zeigt sich nicht konstant, sondern weist erhebliche Variationen auf. Weil die auf gleiche Zeiten fallenden Resultate Unterschiede bis zu 0.14 aufweisen, während der größte überhaupt vorkommende Unterschied 0.18 ist, wird man den Ursprung dieser Differenzen nicht in wirklichen Schwankungen der Algolhelligkeit, sondern hauptsächlich in systematischen Fehlern der Beobachtungen zu suchen haben. Die Hoffnung, daß durch die Reduktion aller Beobachungsresultate auf eine feste und genaue Normalskala ihre systematischen Differenzen verschwinden würden, hat sich also nicht erfüllt. Ein Versuch, die systematischen Differenzen zwischen den hauptsächlichsten Beobachtern aus den gemeinsam beobachteten Minimis zu bestimmen, scheiterte an der geringen Anzahl dies Minima. Daher war es auch nicht möglich, geringere kurzperiodische Schwankungen, wie sie z. B. durch die Schönfeldschen Reihen 1853—1875 angedeutet waren, unzweideutig zu bestimmen.

Die Ursache dieser großen Abweichungen liegt zum Teile in einer Befangenheit der Beobachter; irrtümliche Erwartungen über die Helligkeit beeinflussen die Schätzungen. Daneben sind Unregelmäßigkeiten des Lichtwechsels und Verschiedenheiten in Zeit, Helligkeit und Verlauf zwischen den verschiedenen Minimis möglich. Obgleich solche Anomalien in der einfachen Trabantentheorie keine Erklärung finden,

werden sie von verschiedenen Beobachtungsreihen angezeigt. Um sie über jeden Zweifel zu erheben, sind gleichzeitige Beobachtungen mehrerer Astronomen notwendig, also eine viel regere Beschäftigung mit diesem Sterne, wobei besonders photometrische Messungen wertvoll sind, da sie nicht oder viel weniger unter dem Einflusse vorgefaßter Meinungen stehen.«

»Die Dauer der Verfinsterung ist schwer zu ermitteln, da die Willkür im Ziehen der Lichtkurve bei der langsamen Änderung zu Anfang und Ende große Differenzen geben kann. Da es sich hier, zur Prüfung der Tisserandschen Theorie, nur um relative Ergebnisse handelt, wurde aus allen Beobachtungsreihen Anfang und Ende bestimmt mittels derselben Kurve. Dazu wurden nur Schätzungen oder Mittel benutzt, die weiter als 3^h von dem Minimum entfernt waren, und es wurde ein Lichtkurvenstück aus einigen Reihen abgeleitet, wo 1^h, 2^h und 2.5^h von dem Ende die Größe um 0.062, 0.229 und 0.361 Größenklassen unterhalb des vollen Lichtes lag. Die Resultate sind:

Beobachter	Halbe Dauer	Mittl. Fehler	Period. Glied
	h m	m	m
Argelander . . .	5 3	13	+ 3
Schönfeld 1859 bis 70	4 46	2.3	+ 19
Schönfeld 1869 bis 75	4 45	1.2	+ 21
Harvard	5 2	5	+ 20
Müller	5 16	6	+ 20
Plaßmann	5 20	3	+ 11
Pannekoek . . .	5 19	8	+ 8

Nach der Tisserandschen Theorie sollten diese Werte für die halbe Zeitdauer der Verfinsterung von einem Mittelwerte um Beträge abweichen, die unter »Period. Glied« stehen. Es zeigt sich, daß eine solche periodische Schwankung nicht zutrifft; die Ergebnisse weichen unregelmäßig voneinander ab um Beträge, die den mittlern Fehler vielfach übertreffen.

Auch hier wird man die Differenzen nicht dem Verhalten des Sternes, sondern systematischen Fehlern zuschreiben müssen, wenn auch eine befriedigende Erklärung dafür noch nicht zu geben ist. Eine Betrachtung der Beobachtungen Goodrickes zeigt, daß auch zu seiner Zeit die halbe Dauer nur wenig von 5 Stunden verschieden war.«

Die Gestalt der Lichtkurve wurde aus verschiedenen Beobachtungsreihen abgeleitet und mit der Rechnung verglichen, wobei außer mit der einfachsten Annnahme einer gleichmäßig erleuchteten Algolscheibe die Rechnung auch durchgeführt wurde mit einer Helligkeitsverteilung gleich der auf der Sonnenscheibe stattfindenden.

Es zeigten sich in den Beobachtungsreihen merkliche Differenzen. Die Lichtkurven aus Argelanders Beobachtungen und den photo-

metrischen Messungen zu Potsdam und Cambridge stimmen mit der Rechnung gut überein unter der Annahme, daß der Durchmesser des Algoltrabanten 0.9 von dem des Algol beträgt, und die Helligkeitsverteilung auf der Algolscheibe in bezug auf Schwächung seines Lichtes am Rande etwas weniger ausgesprochen ist als auf der Sonnenscheibe. Die große Halbachse der Bahn des Trabanten ergibt sich = 4.0, wenn der Halbmesser Algols = 1.0 gesetzt wird und die Neigung der Bahn zu 6.7°. Die nachgewiesene Symmetrie der Lichtkurve vor und nach dem Minimum spricht völlig zugunsten der Trabantentheorie, während die Tatsache, daß weder in der Helligkeit des Minimums, noch in der Dauer der Verfinsterung eine periodische Schwankung erkennbar ist, geeignet erscheint, Zweifel an der Richtigkeit der Tisserandschen Hypothese zu erwecken. Für die Erklärung der großen Ungleichheit müßte man dann auf die Chandlersche Theorie zurückgreifen, wobei die von Boß hervorgehobenen Spuren einer unregelmäßigen Eigenbewegung wieder eine erhöhte Bedeutung bekommen. Die Entscheidung darüber wird eine genaue spektrographische Bahnbestimmung geben können; diese kann zeigen, ob die Exzentrizität der Bahn 0,11 oder bedeutend kleiner ist.

Das Hauptergebnis dieser Untersuchungen liegt aber, wie Pannekoek betont, »in dem Nachweise des Vorhandenseins unerwarteter systematischer Fehler aller Art, sowohl in den photometrischen Messungen wie in den Stufenschätzungen. Nur eine viel intensivere und regelmäßigere Beschäftigung mit dem Lichtwechsel Algols wird uns in den Stand setzen, diese künftighin zu bestimmen, ihren Einfluß aufzuheben und das wirkliche Verhalten des Sternes kennen zu lernen.«

Über die Dimensionen und Bahnverhältnisse des Doppelsystems Algol hat C. Rödiger eine neue Untersuchung angestellt.[1]) Nachdem Prof. Vogel in Potsdam aus seinen spektrometrischen Aufnahmen erkannt hatte, daß die lange gehegte Vermutung, der veränderliche Stern Algol sei ein Doppelsystem, bestehend aus einem hellen und einem dunklen Sterne, der Wirklichkeit entspreche, hatte er auf Grund der damals vorliegenden Beobachtungen der Lichtkurve Werte für den Durchmesser Algols und seines dunklen Begleiters, sowie für den Abstand beider in Kilometern berechnet. Die Genauigkeit dieser berechneten Werte beruht auf der Genauigkeit, mit der die Lichtkurve Algols ermittelt ist. In dieser Beziehung liegen gegenwärtig photometrische Messungen von Prof. Müller in Potsdam vor, welche diese Lichtkurve etwas anders und jedenfalls genauer darstellen, als man vor 12 Jahren dieselbe kannte. Die Ab- und Zunahme der Helligkeit des Sternes ist z. B. keineswegs gleichmäßig, d. h. die Lichtkurve ist nicht symmetrisch, auch ist die Zeitdauer der ganzen Lichtschwankung erheblich länger, als man früher annahm. Unter Berücksichtigung

---

[1]) Inaug.-Dissert. Jena 1902.

dieser Tatsachen und unter gewisser provisorischer Annahme für den Durchmesser des dunklen Begleiters hat nunmehr C. Rödiger die beobachteten Helligkeitswechsel mit der Theorie verglichen und der besten Übereinstimmung gemäß neue Werte für die Dimensionen der beiden Sterne und ihrer Bahn umeinander abgeleitet. Er findet für den Algol einen Durchmesser von 1 569 000 *km*, für seinen dunklen Begleiter einen solchen von 1 177 000 *km* und für den Abstand beider eine Distanz von 5 562 000 *km*, während der Durchmesser unserer Sonne 1 380 000 *km* beträgt. Diese Werte weichen wenig von den früher durch Vogel und Wilsing gefundenen (1 707 000, 1 336 000, 5 194 000 *km*) ab. Werden beide Weltkörper an durchschnittlicher Dichte einander gleich angenommen, so besitzt der Hauptstern 0.588, der Begleiter 0.248 von der Masse unserer Sonne und ihre mittlere Dichte ist 0.25 von der Dichte der Sonne. Beide Weltkörper bewegen sich umeinander in einer nahezu kreisförmigen Bahn, denn die Exzentrizität der letztern kann schwerlich größer als 0.0015 sein. Der Winkel der Bahnebene mit der Gesichtslinie zur Erde beträgt 4.9°. Vogel und Wilsing haben angenommen, daß die beiden Sterne des Algolsystems von sehr hohen Atmosphären umgeben seien, doch ist es schwer, aus den Helligkeitsbeobachtungen am Algol darüber Gewißheit zu erlangen. Besitzen beide Sterne in der Tat solche Atmosphären, so muß ihre Dichte merklich geringer sein, als oben angegeben, und ähnliche geringe Dichtigkeiten haben sich bei andern spektroskopischen Doppelsternen in der Tat herausgestellt.

Über die Lichtkurve von β Lyrae macht W. Stratonow auf Grund seiner Beobachtungen 1895—1898 mehrere wichtige Bemerkungen.[1])

Es ist wohl, sagt er, Argelanders hoher Autorität zuzuschreiben, wenn alle Erforscher des Lichtwechsels von β Lyrae hauptsächlich nach einer Bestätigung der typischen, von diesem Astronomen gegebenen Form der Lichtkurve des genannten Sternes streben, welche, wie bekannt, zwei gleiche Maxima und zwei ungleiche Minima besitzt. Zwar wurden mehrmals Abweichungen von der Argelanderschen Lichtkurve bemerkt, doch wurden dieselben teilweise durch Beobachtungsfehler, anderseits auch durch von der Zeit abhängige Veränderungen in der Gestalt dieser Kurve erklärt, Meines Wissens war der verstorbene Ed. Lindemann der erste, welcher bei der Bearbeitung der Plaßmannschen Beobachtungen gelegentlich die Hypothese aufstellte, »daß das erste Maximum, wenigstens zu unserer Zeit, kein einfaches ist, sondern aus zweien bestände, von denen das zweite ungefähr in $5^d\ 4^h$ nach dem Hauptminimum aufträte, und daß zwischen diesen beiden Maxima ein drittes Minimum ($4^d\ 15^h$ nach dem Hauptminimum) läge«. Lindemann wies auch auf eine ähnliche Erschei-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3871.

nung gegen das Ende des 2. Maximums hin. Jedoch entschloß er sich nicht, diese Abweichungen in die Konstruktion seiner Lichtkurve einzutragen, obgleich beide sekundären Minima auf Lindemanns Karte recht deutlich hervortreten. Pannekoek bestätigte in seinen »Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyrae« das Vorhandensein dieser Lindemannschen Einbuchtungen, fand aber außerdem noch »eine Unregelmäßigkeit in der Nähe des Hauptminimums, wo der Stern vor der angenommenen Minimumzeit schwächer erscheint, darauf bei ungefähr 0.0 ^{d} zunimmt, einen halben Tag konstant bleibt, oder etwas abnimmt und dann erst schnell zu steigen anfängt. Auch bei Argelander ist dasselbe zu bemerken.« Aber auch Pannekoek führt die gefundenen Anomalien in die von ihm konstruierte mittlere Lichtkurve nicht ein.

Es scheint aber, daß die Ausgleichung solcher Anomalien nur bis zu einer gewissen Grenze getrieben werden darf, andernfalls könnten beständige Vernachlässigungen für temporär angenommener Unregelmäßigkeiten Eliminationen von reellen Details zur Folge haben. Solche Anomalien nämlich, welchen man beständig in einer und derselben Lichtphase und dazu bei verschiedenen Beobachtern begegnet, dürften schon in die Konstruktion der Lichtkurve eingeführt werden. Anomalien dieser Art ergaben sich bei Bearbeitung meiner Beobachtungen von β Lyrae während der Jahre 1895—1898.

Stratonow teilt nun die Daten zur Konstruktion der Lichtkurve von β Lyrae nach seinen Beobachtungen und ebenso nach dem Mittelwert aus den Beobachtungen von Schur, Plaßmann, Pannekoek, Glasenapp, Menze und ihm selbst mit. Schon beim ersten Blicke zeigen sich Ähnlichkeiten in dem Verlaufe beider Kurven, aus denen hervorgeht, daß der größte Teil dieser Biegungen sicher ist und nicht Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden kann.

Folgendes sind die hauptsächlichsten Abweichungen dieser Art, gerechnet vom Augenblicke des Lichtminimums an:

1. Welle bei 0.2 ^{d}, von Pannekoek angezeigt. Man sieht sie nicht nur in den angeführten Kurven, sondern auch in den Beobachtungen Argelanders und Schönfelds. Eine gewisse Andeutung dieser Welle ist auch bei Oudemans zu sehen. Vollständig sicher.

2. Vertiefung bei 1.7 ^{d}. Sehr schwach, auf Stratonows Kurve nicht sichtbar. Wahrscheinlich.

3. Welle bei 2.0 ^{d}. Findet sich auch bei Argelander, Oudemans und Schönfeld. Vollständig sicher.

4. Eine leichte Vertiefung bei 3.0 ^{d}. Zu sehen bei Argelander. Sicher.

5. Vertiefung bei 3.9 ^{d}. Bei Argelander, Oudemans und Schönfeld. Vollständig sicher.

6. Nach dem Maximum bei 4.1 ^{d} ein neues Minimum bei 4.8 ^{d}. Bei Lindemann angedeutet und von Pannekoek bestätigt; bei Argelander und Oudemans. Vollständig sicher.

7. Konstante Lichtstärke (oder kleine Zunahme) neben dem Minimum II von 6.0 ^{d}—6.4 ^{d}. Bei Argelander und Oudemans. Ziemlich sicher.

8. Vertiefung bei 7.5 ^{d}. Bei Argelander (sehr schwach) und Oudemans. Ziemlich sicher.

9. Minimum bei 8.9 d. Bei Argelander (etwas später) und Schönfeld. Ziemlich sicher.

10. Ähnliches Minimum bei 9.5 d. Dem Minimum bei 3.0 d symmetrisch. Bei Schönfeld. Ziemlich sicher.

11. Minimum bei 10.5 d, von Lindemann angedeutet. Bei Argelander unh Oudemans. Vollständig sicher.

12. Kleine Vertiefung bei 11.0 d. Bei Stratonow schwach zu sehen; gut sichtbar, bei Argelander. Sicher.

Das Spektrum des Veränderlichen *o* Ceti (Mira) ist auf der Licksternwarte von Joel Stebbins beobachtet worden.[1]) Das benutzte Instrument war der Millsspektrograph, aber nur mit einem Prisma, das zwischen der Wellenlänge λ 3700 und λ 5600 gute Bilder liefert. Die Länge des zwischen diesen Grenzen erhaltenen Spektrums beträgt 28 *mm*, und obgleich die Dispersion nur etwa ein Fünftel von der des 3-Prismen-Instruments ist, genügt sie doch, um recht gute Bestimmungen der Geschwindigkeit (durch die Linienverschiebungen) zu gestatten. Ferner gibt bei guter Luft die Exponierung von 10 Minuten Dauer ein befriedigendes Negativ von Sternen 5. photographischer Größe. Das würde für einen Stern 10. Gr. eine Expositionsdauer von 16 Stunden und darüber erforderlich machen. In der Tat ergab sich, daß, als *o* Ceti im kleinsten Lichte war, unter Benutzung der besten Platten eine Aufnahme von 6 Stunden Dauer nicht ausreichte, ein meßbares Bild zu liefern, obgleich mancherlei darauf gesehen werden konnte. Während jeder Aufnahme wurde das Vergleichsspektrum mindestens viermal eingeschaltet und in befriedigender Schärfe mit aufgenommen. Die technischen Einzelheiten bezüglich der Vergleichslinien und Messungsmethoden können hier übergangen werden. Die Zahl der für die Untersuchung benutzten Platten beträgt 22, und sie verteilen sich über die Zeit vom 27. Juni 1902 bis zum 5. Januar 1903, während deren der Stern von 8.8 Gr. bis zum Minimum 9.2 Gr. sank und wieder etwas an Helligkeit zunahm. Außerdem waren noch 3 Platten vorhanden, die im August 1901 von Wright aufgenommen worden waren.

Es ist bekannt, daß *o* Ceti ebenso wie die andern Veränderlichen von längerer Periode ein Absorptionsspektrum vom 3. Secchischen Typus zeigen. Einige Beobachter haben gefunden, daß die Region des Spektrums von Hγ gegen das rote Ende hin von einer Reihe dunkler Streifen durchzogen ist, die gegen Violett hin scharf abgeschnittene Begrenzung zeigen; ferner wird berichtet, daß von Hγ gegen das ultraviolette Ende hin, daß Spektrum in bezug auf seine dunklen Linien sehr große Ähnlichkeit mit dem Sonnenspektrum zeigt. Auf den ersten Blick scheinen die von Stebbins erhaltenen Platten diese Meinung zu bestätigen, allein ein genaues Studium lehrt, daß in beiden Spektren die Details sehr verschieden sind. Die bei Untersuchung der Spektra angewandte Methode bestand darin,

---

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 41.



[illegible] der Leyer.

[illegible] M. Wolf.

die Negative von *o* Ceti Seite an Seite unter dem Mikroskop mit demjenigen der Luft (Sonne) zu vergleichen.

Die starken Kalziumlinien g, H und K sind in dem Spektrum des Veränderlichen vorhanden, doch ist g sehr viel weniger intensiv als im Sonnenspektrum. Die starken Eisenlinien des letztern sind im Spektrum von *o* Ceti nicht so hervortretend, bei geringer Dispersion sieht man sie gar nicht. Unter der großen Anzahl Linien des Sternspektrums finden sich nur wenige, welche mit solchen von ähnlicher Intensität im Sonnenspektrum zusammenfallen. Das Absorptionsspektrum von Mira wurde auf 7 Platten genau vermessen, jede davon unabhängig für sich. Es ergab sich, daß die Lage der untersuchten Linien in bezug auf ihre Wellenlängen während der ganzen Zeit der Beobachtung und ebenso seit August 1901 sich nicht merklich veränderte, d. h. daß die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie gegen die Erde unverändert geblieben ist. Mit dem Helligkeitswechsel hängt dieselbe also nicht zusammen. Durch Vergleich von bestimmten dunklen Linien mit solchen des Sonnenspektrums, die denselben Stoffen angehören, ergab sich, daß der Stern *o* Ceti mit einer konstanten Geschwindigkeit von 66 *km* in der Sekunde in der Gesichtslinie sich von der Sonne entfernt. Im Jahre 1898 hatte Prof. Campbell mit dem 3-Prismen-Spektrographen diese Geschwindigkeit zu 62 *km* gefunden; die Übereinstimmung beider Ergebnisse ist also sehr befriedigend. Was die einzelnen Elemente anbelangt, so sind in dem Spektrum des Veränderlichen folgende mit der beigefügten Zahl von dunklen Linien vertreten:

Kalzium	mit	6	Linien
Eisen	„	11	„
Chrom	„	9	„
Vanadium	„	11	„
Aluminium	„	2	„
Strontium	„	1?	„
Mangan	„	8?	„
Titan	„	2?	„

Die erstgenannten 4 Elemente sind wohl ohne Zweifel in der Atmosphäre des Veränderlichen vorhanden, von den andern ist dies ungewiß. Von wirklichen Änderungen im Aussehen sind nur solche bei der Kalziumlinie g (λ 4227.84) sicher; sie wird mit abnehmender Helligkeit des Sternes breiter. Von andern dunklen Linien läßt sich gleiches vermuten, aber nicht sicher beweisen. Die Linien H und K sind auf den meisten Platten nicht erkennbar, und daher kann nichts über etwaige Veränderungen ihres Aussehens gesagt werden. Einige Linien, die auf frühern Platten nicht sichtbar waren, wurden später deutlich, die folgenden vier haben die beigesetzten Wellenlängen: λ 3990.64, 4045.16, 4093.55, 4097.08, keine von ihnen kann mit entsprechenden Linien im Sonnenspektrum identifiziert werden. Die hervorragenden dunklen Banden im Spektrum der Mira sind von

einigen Beobachtern als Streifen mit scharfem Rande gegen Violett und mit abschattendem gegen Rot hin betrachtet worden; andere betrachten sie als helle Kannelierungen, ähnlich denjenigen im Bogenspektrum des Kohlenstoffs. Stebbins sieht sie als dunkle Absorptionsbanden an. Gleichzeitig mit o Ceti wurden auch Aufnahmen der hellern veränderlichen Sterne α Herculis, β Pegasi, β Persei, α Ceti und α Orionis gemacht, um die Lagen der dunklen Banden untereinander vergleichen zu können. Es ergab sich, daß die Positionen derselben bei allen diesen Sternen im Mittel mit denjenigen in o Ceti genügend übereinstimmten, sobald die verschieden großen radialen Geschwindigkeiten dieser Sterne berücksichtigt werden.

Pater Sidgreaves hat bereits gefunden, daß gewisse Regionen des kontinuierlichen Spektrums der Mira in ihrer relativen Helligkeit Veränderungen zeigen, wenn der Stern schwächer wird. Diese Veränderungen sind durch die Untersuchungen von Stebbins bestätigt worden.

Die bemerkenswertesten Erscheinungen im Spektrum der Mira sind die hellen Linien, von denen es durchzogen ist. Mehrere Wasserstofflinien haben durch ihre Helligkeit, wenn der Stern nahe dem Maximum ist, schon die frühern Beobachter in Verwunderung gesetzt. Als eigentümlich wurde bemerkt, daß die Wasserstofflinien $H\alpha$, $H\beta$ und $H\varepsilon$ fehlen, während andere der Wasserstoffserie, z. B. $H\gamma$ und $H\delta$, sehr hell erscheinen. Im ganzen wurden von ihm auf 9 Platten nach und nach 23 helle Linien gefunden und deren Wellenlängen gemessen, außerdem noch zehn helle Stellen, von denen es unentschieden bleiben muß, ob sie helle Linien sind oder lediglich Zwischenräume zwischen dunklen Banden. Die genaue Untersuchung ergab, daß diese hellen Linien während der Periode des Lichtwechsels ihre Positionen ebensowenig ändern als die dunklen. Unter den hellen Linien ist die Wasserstoffserie unzweifelhaft vorhanden, aber ob andere Linien, wie es scheint, dem Eisen und dem Mangan angehören, muß noch offene Frage bleiben. Bemerkenswert ist, daß eine helle Linie an jeder Seite der starken Kalziumlinien g, H und K erscheint, aber allem Anscheine nach nicht eine doppelte Umkehr dieser Linien darstellt. Versuche während der Monate Juni und Juli 1902, als Mira die Helligkeit eines Sternes 4. bis zuletzt 5. Gr. zeigte, das Spektrum mit dem 3-Prismen-Instrument zu photographieren, mißlangen, da es unmöglich war, die Aufnahme lange genug fortzusetzen, um das kontinuierliche Spektrum in genügender Intensität zu erhalten. Nur die Linie $H\gamma$ und zwei andere helle Linien erschienen; $H\gamma$ war auf allen Platten einfach, anscheinend nahe monochromatisch, aber gegen die violette Seite des Spektrums hin etwas schärfer abgeschnitten als gegen Rot. So fand auch Campbell 1898 diese Linie, nahe um die gleiche Zeit nach dem Maximum der Helligkeit des Sternes; dagegen fand er sie von 5—2 Wochen vor diesem Maximum dreifach. Messungen auf den mit dem 3-Prismen-Instru-

ment erhaltenen Platten ergaben für die Linie Hγ eine Verschiebung von im Mittel + 0.65 zehnmilliontel Millimeter. Die dunklen Linien dieser Region des Spektrums sind sowohl nach den Messungen von Campbell (1898), als nach den neuen von Stebbins im Mittel um + 0.25 mehr (gegen die rote Seite des Spektrums) verschoben als die hellen. Von besonderem Interesse sind darunter die beiden Linien mit den Wellenlängen λ 4308 und 4376, welche möglicherweise dem Eisen zugehören. Sie erscheinen auf einigen Platten von Stebbins jede als helle Linie mit einer dunklen an der Seite gegen Rot hin. Wenn diese hellen Linien Eisenlinien sind, so sind sie um den gleichen Betrag verschoben wie die Wasserstofflinien, und wenn Eisendämpfe die dunklen Absorptionslinien neben den hellen verursachen, so ist die Verschiebung die nämliche wie die der andern dunklen Linien. Die hellen Linien zeigen ebenfalls Veränderungen in ihrer Intensität, ohne daß es jedoch gelang, etwas Gesetzmäßiges hierüber in Beziehung auf den Lichtwechsel des Sternes zu ermitteln; auch meint Stebbins, daß zu einer befriedigenden spektrographischen Untersuchung des Sternes in allen Phasen seiner Helligkeit, der große Refraktor der Lickssternwarte nicht ausreiche, sondern der Spektrograph mit einem großen Reflektor verbunden werden müsse.

Schließlich kommt er zu dem Ergebnis, daß die Unveränderlichkeit der radialen Geschwindigkeit von Mira den strengen Beweis liefere, daß die Veränderungen der Helligkeit dieses Sternes nicht durch die Einwirkung eines Begleiters desselben hervorgerufen werden, falls nicht dieser Begleiter eine sehr geringe Masse besitzt, sich in sehr exzentrischer Bahn bewegt und dem Hauptsterne sehr nahe kommt. Die großen Unregelmäßigkeiten in der Lichtkurve schließen die Annahme eines Doppelsystems bei Mira so wie so fast völlig aus. Die bemerkenswerte Helligkeitsverteilung in dem Liniensystem des Wasserstoffs, welches das Spektrum des Sternes zeigt, ist zurzeit noch nicht zu erklären, ebenso die Anwesenheit der hellen Eisenlinien λ 4308 und 4376, beim völligen Fehlen anderer Eisenlinien, ebenso mehrere andere Umstände.

Die großen Veränderungen, welche in der relativen Intensität der Wasserstoff- und anderer Linien und in dem kontinuierlichen Spektrum beobachtet werden, zeigen aber, daß die Helligkeitsabnahme des Sternes durch andere Vorgänge bedingt wird, als durch die allgemeine Absorption. Stebbins kommt schließlich zu dem Ergebnisse, daß die Helligkeitsänderungen der Mira durch die Wirkungen innerer Kräfte dieses Sternes verursacht werden.

Der Veränderliche 10. 1903 Lyrae, den Prof. Seeliger angezeigt,[1]) hat nach Dr. Hartwig [2]) eine Periodendauer von 250 Tagen.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3857.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3873.

Die geringste Helligkeit scheint nicht unter 15.6 Größe herabzugehen. Die Lichtzunahme verläuft rascher als die Abnahme.

Eine photographische Aufnahme der Umgebung dieses Sternes hat Prof. W. Wolf 1903 Mai 30 mit vierstündiger Beleuchtung des 16-zolligen Bruceteleskops erhalten. Eine Reproduktion dieser Aufnahme, die Prof. Wolf in Nr. 3884 der »Astronomischen Nachrichten« gibt, ist etwas verkleinert auf Tafel II wiedergegeben. Der Veränderliche, auf den ein Pfeil hinweist, ist in der Lichtzunahme begriffen und etwa 13. Größe.

Der Veränderliche SS Cygni. Dieser 1896 von Miß Luise D. Wells auf photographischen Platten des Harvardobservatory entdeckte Veränderliche steht am Himmel in

$$AR\ 21^h\ 38^m\ 46^s,\ D + 43^0\ 7.6'$$

(für 1900) und gehört nach E. Hartwig zu den merkwürdigsten veränderlichen Sternen. Er leuchtet nach längerer Konstanz der Helligkeit plötzlich auf, innerhalb 24 Stunden um 2.5 Größenklassen, und erreicht in abwechselnd 3^h und 6^h ein Maximum 8. Gr., in dem er nur wenige Stunden verweilt, um in etwa 9^h auf das Minimum (12.5 Größe) herabzusinken. Hartwig macht jetzt[1]) auf eine neue Merkwürdigkeit dieses Sternes aufmerksam. »Während«, sagt er, »der ihm ähnliche Veränderliche U Geminorum alle 3 Monate aufzuleuchten pflegt, wobei aber Erscheinungen auch ganz ausfallen, hat SS Cygni insofern gegensätzlich eine gewisse Regelmäßigkeit, als sein Aufleuchten innerhalb eines Zeitintervalles von mindestens 32 oder höchstens 68 Tagen sich bestimmt wiederholt. Dabei hat seit 1896 mit nur 2 Ausnahmen eine lange Erscheinung mit einer kurzen abgewechselt. Eine Gesetzmäßigkeit hat sich aber für die Zwischenzeit noch nicht auffinden lassen.

Beiden Arten des Verlaufes war die außerordentlich rasche Lichtzunahme gemeinsam, bei welcher der Stern von der Helligkeit 10.9 Gr. bis zu der von 8.9 Gr. in weniger als 18 Stunden aufstieg. In den beiden letzten Erscheinungen (1903 Februar 12 und April 3) hat sich aber eine höchst merkwürdige Abweichung gezeigt, die schon einmal in der Erscheinung Ende November 1899 beobachtet wurde. Aber neu ist die Wiederholung der Abweichung bei zwei aufeinander folgenden Erscheinungen. Die Abweichung besteht darin, daß das vorhin genannte Helligkeitsintervall zwischen der Größe 10.9—8.9 nicht mehr in weniger als 18 Stunden, sondern in länger als 6 Tagen durchlaufen wurde, beide Male mit ausgeprägten Stillständen. Bei der ersten Erscheinung im Februar zeigte auch das abfallende Licht, das sonst stets ganz gleichmäßig verläuft, eine Verzögerung vom 15. auf den 16. Februar.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3866.

Sollte den Lichtwechsel ein Meteorring veranlassen, in dessen Bahnebene die Sonne gelegen ist, und der bei ungleichmäßiger Dichte (wofür die kleinen Schwankungen des Minimallichtes sprechen) an besonderer Stelle 2 Lücken besitzt, Lücken oder Auflockerungen, die bei dem Umlaufe der Meteore Verschiebungen und verschiedene Dichte vielleicht nicht ganz regellos im Laufe der Zeit erhalten, dann erscheint es nicht unwahrscheinlich, daß der Lichtwechsel einmal das umgekehrte Bild, nämlich einen mäßigen Lichtaufstieg und einen rapiden Abfall zeigt. Auf jeden Fall verdient der merkwürdige Stern beständige Überwachung.«

Veränderlichkeit von α Orionis. W. H. Robinson bemerkt,[1]) daß nach den Aufnahmen zu Oxford die photographische Helligkeit dieses Sternes zwischen 1901 März 9 und 1902 Oktober 22 etwas zugenommen, seit dem letzten Datum jedoch merklich abgenommen habe. Diese Nachweise sind durch Helligkeitsschätzungen unterstützt worden.

Der Begleiter des Polarsternes als veränderlicher Stern. Der Polarstern besitzt einen Begleiter, den W. Herschel am 17. August 1779 zuerst sah; der Hauptstern ist 2. Gr., der Begleiter wird als 9. Gr. angegeben. Die Stellung des Begleiters scheint sich nur sehr langsam zu ändern, die Distanz vom Hauptsterne ist 18.5″, der Positionswinkel 212.4° (nach Dunèrs Messungen 1870). Schon Struve hat in den vierziger Jahren des vorigen Jahrhunderts darauf aufmerksam gemacht, daß der Begleiter des Polarsternes im 9-zolligen Dorpater Refraktor sogar am hellen Tage gesehen werden könne, und Encke sowie Mädler haben dies später bestätigt. Die Tatsache ist merkwürdig, und zur Erklärung derselben hat man angenommen, die äußerst langsame tägliche Bewegung des Polarsternes sei die Ursache, doch ist diese Erklärung offenbar unzulänglich. Unter günstigen Umständen kann man den Begleiter an einem Fernrohre von 2 Pariser Zoll Öffnung in klaren Nächten gut sehen, ausnahmsweise ist er von Barnard sogar an einem noch kleinern Fernrohre gesehen worden. Die Sichtbarkeitsverhältnisse dieses Begleiters des Polarsternes zeigen also etwas Auffallendes, und E. Jost in Gotha macht nunmehr[2]) Mitteilungen, aus denen hervorgeht, daß dieser Begleiter höchstwahrscheinlich veränderlich ist. E. Jost bemerkt: »Gelegentlich meiner mehrjährigen Arbeit am Heidelberger 3-zolligen Meridiankreise fiel mir an einigen Tagen die besonders gute Sichtbarkeit des Polarisbegleiters auf. Derselbe gilt als Stern ca. 9. Gr., und seine Sichtbarkeit in dem für die Polarisbeobachtung sehr hellen Felde war für das kleine Fernrohr etwas Außergewöhnliches. Gleichwohl habe ich der Sache keine weitere Beachtung geschenkt, bis ich im Herbste 1902 eine Reihe

[1]) Monthly Notices 63. p. 74.

[2]) Astron. Nachr. Nr. 3876.

von Extinktionsbeobachtungen anstellte, bei welchen der Polarstern allerdings nur eine untergeordnete Rolle spielte. Die gleichzeitigen Neureduktionen der Müllerschen Säntisbeobachtungen durch Herrn Dr. Bemporad, sowie besonders eine Mitteilung seitens des Herrn Prof. Valentiner, welchem ebenfalls die veränderliche Sichtbarkeit im frühern Karlsruher Meridiankreise aufgefallen war, veranlaßten mich, die früher vielumstrittene Frage der Veränderlichkeit des Polarsternes in andrer Form wieder aufzugreifen.

Die Beobachtungen wurden am 8-zolligen Merzschen Refraktor in Verbindung mit einem Zöllnerschen Photometer angestellt. Der Hauptstern ist nicht abgeblendet worden, weil einmal der Begleiter bei der schwachen Vergrößerung des Photometerokulars dem Hauptsterne sehr nahe stand, und dann die ganzen Beobachtungen nur als gelegentliche anzusehen waren, insofern als das Instrument seinerzeit in der Hauptsache der Beobachtung langperiodischer Veränderlicher gewidmet war. Bei den Messungen wurde der künstliche Stern des Photometers möglichst nahe dem Polarisbegleiter gebracht, und zwar in radiale Entfernung vom Hauptstern wie dieser, schließlich wurden in beiden Stellungen zu demselben die Messungen ausgeführt.

Als Vergleichssterne für die Helligkeit dienten 4 Sterne 9.3 bis 10.8 Gr., deren photometrische Größe Jost im Anschluß an Plejadensterne, die Müller und Kempf in Potsdam vor einiger Zeit photometrisch bestimmten, ermittelt hatte. Die nachfolgende Tabelle gibt die von ihm abgeleitete Helligkeit des Begleiters des Polarsternes zu den angegebenen Zeiten an.

Datum			M. Z.		Größe
1902	November	8	6^h	45.0^m	9.46^m
	,,	10	8	30.2	8.89
	,,	11	6	42.0	8.98
	,,	11	8	50.7	8.85
	,,	15	10	56.4	8.63
	,,	17	7	52.9	9.13
	,,	17	9	21.1	9.24
1903	November	21	9	5.9	9.02
	,,	22	9	23.0	9.10
	Dezember	22	9	39.8	8.91
1903	Januar	16	5	59.0	8.79
	,,	17	10	55.0	9.59
	,,	22	11	57.9	8.66
	,,	31	11	0.5	9.44
	Februar	16	13	54.4	8.95
	,,	17	9	39.0	8.52
	,,	18	10	56.0	9.17
	,,	19	10	23.0	9.64
	,,	24	8	16.2	9.39
	,,	26	11	51.9	9.49

In diesen Beobachtungen ist eine Schwankung der Helligkeit des Sternes zwischen 8.52 und 9.64 Gr. ausgedrückt. »Über eine

etwaige Periodizität,« sagt Jost, »läßt sich noch nicht entscheiden, vielleicht ist eine siebentägige Periode angedeutet; einige Versuche Ende Februar, den Stern eine ganze Nacht zu verfolgen, scheiterten an den ungünstigen Witterungsverhältnissen. Da mir jetzt (in Gotha) die weitere Verfolgung des Sternes unmöglich ist, möchte ich meine Beobachtungen mit allem Vorbehalte, welchen angesichts der Schwierigkeit der Messungen der Zweifel an der Realität der Resultate fordert, bekannt geben und den Stern zur Beobachtung an geeigneten Instrumenten empfehlen.«

Ein neuer Veränderlicher von außergewöhnlich kurzer Periode wurde von Prof. G. Müller und P. Kempf auf dem astrophysischen Observatorium zu Potsdam entdeckt. Es ist der Stern der Bonner Durchmusterung B.D. + 56°1400 und sein Ort für 1900.0: AR = $9^h\ 36^m\ 44^s$ D = + 56°24.6′. Der Lichtwechsel vollzieht sich in 4^h und schwankt zwischen 7.6 und 8.6 Größe. Die Entdecker berichten darüber folgendes.[1])

»Bei Gelegenheit der Zonenbeobachtungen für den 3. Teil der Potsdamer photometrischen Durchmusterung stellte sich heraus, daß die beiden programmmäßigen Helligkeitsmessungen des Sternes 7.5 Gr. B.D. + 56°1400 ($\alpha = 9^h\ 36^m\ 44^s$, $\delta = +56°24.6'$ [1900]) im Jahre 1899 und 1901 um mehr als den bei der Durchmusterung für zulässig geltenden Betrag voneinander abwichen. Die Revisionsbeobachtungen im Jahre 1902 in der Zeit vom April 19 bis Juni 4 ließen zwar keinen Zweifel übrig, daß der Stern ein Veränderlicher sei, gaben jedoch über die Art des Lichtwechsels keinen Aufschluß. Die Messungen wurden 1902 bis Ende Juli fortgesetzt und später nach dem Aufstiege des Sternes am Osthimmel wieder aufgenommen, ohne daß es gelang, den Charakter der Veränderlichkeit aufzudecken. Erst am 13. Januar dieses Jahres, nachdem der Stern im Laufe des Abends während eines Zeitraumes von 3 Stunden mehrmals beobachtet wurde, konnte ein Abnehmen und Wiederanwachsen des Lichtes konstatiert und daraus angenähert auf ein Minimum für etwa $9^h\ 20^m$ m. Zeit Potsdam geschlossen werden. Hierdurch war nachgewiesen, daß die Lichtänderungen in verhältnismäßig kurzer Zeit vor sich gehen mußten, und es wurde daher der Stern noch in derselben Nacht bis kurz vor Sonnenaufgang in Intervallen von 10 zu 10 Minuten beobachtet. Endgültige Entscheidung über die noch immer nicht ganz klar zu erkennende Art der Lichtänderung brachten aber erst die Beobachtungen vom 14. Januar, welche von $4^h\ 48^m$ bis $9^h\ 19^m$ m. Zeit Potsdam ohne Unterbrechung fortgesetzt wurden. Sie ergaben ein vollständiges Bild der gesamten Lichtkurve und führten so zu der Entdeckung eines Veränderlichen mit der außerordentlich kurzen Periode von nur 4 Stunden, der kürzesten bisher bekannten.« Die Entdecker geben ein vollständiges Verzeichnis ihrer Beobachtungen des Veränderlichen.

Die graphische Darstellung der Beobachtungen von Januar 14, 17 und 18 gab die folgenden 4 Minimalzeiten, deren Unsicherheit auf höchstens 10 Minuten geschätzt werden kann.

Januar 14	$4^h\ 34^m$	m. Z. Gr.
„ 17	4 40	„ „ „
„ 17	8 31	„ „ „
„ 18	8 34	„ „ „

[1]) Sitzungsbericht der K. Preuß. Akademie d. Wiss. 1903. 7. p. 173.

Die Verbindung dieser Daten lieferte als erste provisorische Elemente des Veränderlichen: Epoche des Minimums = 1903 Januar 14, $4^h\ 34^m$ m. Z. Gr. Dauer der Periode des Lichtwechsels $4^h\ 0.0^m$.

Man wird die Genauigkeit keinesfalls größer als 1 Minute annehmen dürfen; die wahre Dauer der Periode muß also zwischen $3^h\ 59^m$ und $4^h\ 1^m$ liegen.

Zur Verbesserung des 1. Näherungswertes der Periode konnten die Beobachtungen aus dem Jahre 1902 herangezogen werden und ergaben als 2. Näherung die Elemente: Epoche des Minimums = 1903 Januar 14, $4^h\ 32^m$ m. Z. Gr. Dauer der Periode $4^h\ 0.21^m$.

Diese Daten sind nun zur Bildung einer Lichtkurve des Veränderlichen aus den Messungen von Januar 12 bis Januar 18 benutzt worden, indem mittels derselben die Minimaepochen berechnet und die Zeitunterschiede der einzelnen Beobachtungsdaten gegen das vorangehende Minimum gebildet wurden. Im ganzen waren 143 Messungen dafür verwendbar. Aus diesen wurde folgende Tabelle abgeleitet, die von 5 zu 5 Minuten die Helligkeit des Veränderlichen in Größenklassen angibt.

Abstand vom Minimum	Hellig-keit	Abstand vom Minimum	Hellig-keit	Abstand vom Minimum	Hellig-keit
$0^h\ 0^m$	8.58	$1^h\ 25^m$	7.98	$2^h\ 50^m$	7.96
0 5	8.54	1 30	7.96	2 55	7.98
0 10	8.49	1 35	7.94	3 0	8.00
0 15	8.43	1 40	7.93	3 0	8.00
0 20	8.38	1 45	7.92	3 5	8.02
0 25	8.33	1 50	7.91	3 10	8.04
0 30	8.29	1 55	7.90	3 15	8.07
0 35	8.25	2 0	7.90	3 20	8.10
0 40	8.22	2 0	7.90	3 25	8.13
0 45	8.18	2 5	7.90	3 30	8.17
0 50	8.15	2 10	7.90	3 35	8.23
0 55	8.12	2 15	7.90	3 40	8.31
1 0	8.09	2 20	7.90	3 45	8.41
1 0	8.09	2 25	7.91	3 50	8.52
1 5	8.06	2 30	7.92	3 55	8.56
1 10	8.04	2 35	7.93	4 0	8.58
1 15	8.02	2 40	7.94		
1 20	8.00	2 45	7.95		

»Wie man aus der Helligkeitstabelle,« sagen die Entdecker, »und noch besser aus einer Zeichnung ersieht, erfolgt die Lichtänderung um das Minimum herum außerordentlich schnell, die Kurve läuft im Minimum fast spitz zu. Der Abfall zum kleinsten Lichte ist noch etwas steiler als der Aufstieg nach demselben; die beiden Zweige sind nicht vollkommen symmetrisch. Das Maximum ist bei weitem nicht so scharf ausgeprägt wie das Minimum, doch scheint es durch die Beobachtungen ausgeschlossen, daß der Stern in der größten Helligkeit eine Zeitlang unverändert verharren sollte; man darf ihn daher keinesfalls zum Algoltypus rechnen. Etwas auffallend ist, daß etwa eine Stunde vor dem Maximum und ebenso einige Zeit nach demselben die Normalwerte im allgemeinen unterhalb der gezeichneten Kurve liegen. Es macht den Eindruck, als ob zu diesen Zeiten ein kleiner Stillstand in der Lichtzunahme, bezw. Lichtabnahme einträte, und als ob die Kurve mit zwei Einbiegungen gezeichnet werden sollte. Ob derartige Unregelmäßigkeiten wirklich reell sind oder nur auf Unsicherheit oder Voreingenommenheit bei

den Beobachtungen zu schieben sind, läßt sich erst an einem viel größern Beobachtungsmateriale nachweisen. Wir haben zunächst auf dieselben keine Rücksicht genommen. Zu bemerken ist noch, daß aus den bisherigen Beobachtungen sich keine Andeutung für eine verschiedene Helligkeit in den geraden und ungeraden Minimis ergibt. Ebenso wenig läßt sich irgend eine Ungleichmäßigkeit in den Zeitintervallen zwischen je zwei aufeinander folgenden Minimis erkennen.

Die definitive Helligkeitstabelle ist noch dazu benutzt worden, den in 2. Näherung gefundenen Wert für die Dauer der Periode des Lichtwechsels in etwas engere Grenzen einzuschließen. Es konnten hierbei auch die beiden ersten Beobachtungen aus den Jahren 1899 und 1901 verwertet werden, von denen die eine zur Zeit eines Maximums, die andere nicht weit von einem Minimum liegen muß. Bei verschiedenen Versuchen zeigte sich, daß der wahrscheinlichste Wert der Periode zwischen 4^h 0.210^m und 4^h 0.220^m enthalten ist. Wir nehmen als die zur Zeit wahrscheinlichsten Elemente des neuen Veränderlichen an: Epoche des Minimums = 1903 Jan. 14, 4^h 32^m m. Z. Gr. Dauer der Periode: 4^h 0^m 12.8^s.

Der Fehler des Periodenwertes wird kaum mehr als 0.5^s betragen, und eine Verbesserung dürfte erst nach einer längern Reihe von Monaten zu erwarten sein.«

»Unter den bisher bekannten Veränderlichen zeigen die schnellsten Helligkeitsschwankungen 2 Sterne in dem an Variabeln reichen Sternhaufen ω Centauri; die Perioden derselben sind 7^h 11.4^m und 7^h 42.8^m. Dann folgt S Antliae mit einer Periode von 7^h 46.8^m. Perioden zwischen 8^h und 9^h finden sich bei mehrern Veränderlichen in dem obengenannten Sternhaufen. Endlich ist noch U Pegasi zu erwähnen, dessen Periode in Chandlers 3. Kataloge zu 5^h 32.2^m angegeben ist, der aber nach Pickerings Untersuchungen[1]) sekundäre Minima zeigt und eine Periode von 8^h 59.7^m besitzt.

Die Auffindung des neuen Veränderlichen regt die Frage nach der Ursache des überaus schnellen Lichtwechsels an. Man könnte zunächst mit Zöllner an einen rotierenden Körper denken, dessen Oberfläche infolge starker Abkühlung eine sehr ungleiche Helligkeitsverteilung besäße. Dagegen spricht aber die Farbe des Sternes, die weißlich ist, während man bei allen Sternen, die in starker Abkühlung begriffen sind, eine gelbliche oder rötliche Farbe voraussetzen kann. Eine andere naheliegende Annahme wäre es, sich eine von der Kugelgestalt stark abweichende Form vorzustellen, etwa ein langgestrecktes Ellipsoid oder einen den Darwinschen Gleichgewichtsfiguren ähnlichen Körper, welcher um eine der kleinen Achsen rotiert. Diese Erklärung würde aber auf Schwierigkeiten stoßen, weil es kaum möglich sein dürfte, die besondere Form der gefundenen Lichtkurve darzustellen, besonders die sehr schnellen Helligkeitsänderungen zur Zeit des Minimums und die sehr langsamen Änderungen um das Maximum herum.

Es ist endlich noch an die Hypothese zu denken, daß der Lichtwechsel erzeugt werde durch zwei umeinander rotierende Himmelskörper von nahe gleicher Größe und nahe gleicher Leuchtkraft, deren Oberflächen geringen Abstand voneinander haben, und die sich zeitweilig fast zentral bedecken. Die beobachtete Lichtkurve läßt sich in diesem Falle fast genau rechnerisch darstellen. Die Tatsache, daß die Helligkeitsdifferenz zwischen Maximum und Minimum etwas geringer ist als $^3/_4$ Größenklassen, würde darauf hindeuten, daß der eine Körper ein wenig kleiner ist als der andere, oder daß die Bedeckung nicht ganz zentral verläuft. Eine nicht unerhebliche Schwierigkeit bei dieser Hypothese bietet nur die Frage, ob ein solches System

---

[1]) Harvard Circular Nr. 23.

mechanisch möglich sei und auf längere Zeit stabil bleiben könne. Aber wir haben ja in den spektroskopischen Doppelsternen bereits Weltsysteme kennen gelernt, an deren Existenz früher aus ähnlichen Gründen gezweifelt werden mußte, und es wird vielleicht gelingen, durch eingehendere theoretische Untersuchungen auch die Zulässigkeit der Annahme noch engerer Doppelsterne nachzuweisen.«

Die veränderlichen Sterne des Orionnebels. Bereits früher[1]) hat Prof. M. Wolf mitgeteilt, daß der Stereokomparator zur Aufsuchung veränderlicher Sterne besonders geeignet sei, und als Probe einige neue Veränderliche nahe beim Orionnebel angegeben. Im Sommer 1903 hat er diese Nachforschungen mit einem neuen verbesserten Stereokomparator wieder aufgenommen und einige lange exponierten photographischen Platten jener Himmelsregion verglichen.[2]) Die Örter der gefundenen Veränderlichen am Himmel hat er mit einem parallaktischen Meßapparate bestimmt. Folgendes ist die von Prof. Wolf gegebene tabellarische Zusammenstellung der von ihm gefundenen Veränderlichen.

A. Sicher veränderliche Sterne.

Nr.	Var. Orionis	α 1900.0	δ 1900.0	Beobachtete Schwankung	Bemerkungen
1	S	$5^h\ 24^m\ 4.9^s$	$-4^\circ\ 46'\ 29''$	9.0^m—11.8^m	nach Hartwig irregulär
2	32.1903	5 26 50.2	—4 31 26	14.0—<15	
3	33.1903	5 27 13.6	—5 7 1	11.3—15.0	interessanter Veränderlicher
4	34.1903	5 27 16.6	—7 32 45	13.3—14.0	
5	35.1903	5 27 45.0	—7 38 47	13.6—<14	
6	36.1903	5 28 37.6	—5 16 17	13.8—15.0	
7	37.1903	5 28 59.5	—4 52 3	13.0—15.2	sehr merkwürdig, novaartig
8	38.1903	5 29 23.3	—6 40 16	13.0—15.0	
9	39.1903	5 29 55.8	—4 44 16	12.5—14.0	wahrscheinlich kurzperiodisch
10	40.1903	5 30 0.5	—5 50 49	12.5—14.0	
11	41.1903	5 30 16.3	—5 50 36	12.0—14.5	merkwürdiger Veränderlicher
12	42.1903	5 30 20.8	—4 49 45	12.7—<14	
13	43.1903	5 30 27.1	—5 38 48	12.3—<14	
14	83.1901	5 30 40.8	—5 5 13	11.8—13.2	
15	T	(5 30 56.5)	(—5 32 34)	9 — ?	im dicken Nebel
16	44.1903	5 30 58.1	—4 51 15	12.8—<15	wahrsch. kurzperiod.
17	45.1903	5 30 58.9	—6 54 40	12.5—15.0	wahrsch. kurzperiod.
18	46.1903	5 31 8.4	—6 46 26	12.6—<14	
19	85.1901	5 31 21.9	—5 15 34	11.8—<14	
20	47.1903	5 33 38.4	—7 19 14	13.5—15.0	
21	86.1901	5 34 46.1	—8 28 36	11.7—13.0	
22	48.1903	5 35 57.8	—8 8 32	13.0—15.0	nahe bei 34, s. unten
23	49.1903	5 36 36.0	—4 11 17	9.8—<15	sehr interess. Variabler; schwer zu messen, da zu schwach.
24	88.1901	5 42 27.9	—6 14 48	13.2—14.5	

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3749.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3899.

B. Möglicherweise veränderliche Sterne.

Nr.	Var. Orionis	α 1900.0	δ 1900.0	Beobachtete Schwankung	Bemerkungen
25	80.1901	$5^h\ 24^m\ 47.0^s$	—8° 5′ 14″	12.4^m—13.0^m	
26	81.1901	5 28 54.0	—4 42 48	12.8—<14	
27	82.1901	5 30 36.8	—6 7 5	12.8—14.0	
28	50.1903	5 30 39.4	—6 49 14	12.5—<14	
29	84.1901	5 31 0.4	—5 0 49	13.0—13.8	
30	51.1903	5 32 18.4	—3 35 15	13.0—14.0	
31	52.1903	5 34 31.9	—4 57 26	12.5—13.2	
32	87.1901	5 35 10.1	—5 24 24	13.0— ?	
33	53.1903	5 35 39.4	—6 29 2	13.2—14.0	
34	54.1903	5 35 57.9	—8 7 43	12.8—13.9	
35	89.1901	5 43 16.1	—5 43 36	12.7—13.5	

Der Stern T Orionis Nr. 15 befindet sich in einer besonders dichten Stelle des Nebels. Daher konnten keine Helligkeitsschätzungen von ihm gemacht und die Position nicht auf der Platte B 118 gemessen werden. Sie wurde mit einer etwas dünnern Platte am Stereokomparator angenähert bestimmt.

Prof. Wolf hat nur diejenigen Sterne als sicher veränderlich bezeichnet, die auf den 3 Aufnahmen (6 Platten) am Bruceteleskop unzweifelhafte Veränderungen größern Betrages gezeigt haben. Dagegen sieht er sogar den Stern Nr. 26, trotzdem für ihn mit dem 6-Zoller noch Schwankungen von mehr als einer Größenklasse erhalten sind, nur als möglicherweise veränderlich an, weil der sichere Nachweis der Veränderlichkeit mit dem 6-Zoller immerhin schwieriger zu leisten ist. Aus dem gleichen Grunde hat er weitere acht möglicherweise veränderliche Sterne vorläufig ganz unterdrückt.

Die veränderlichen Sterne im Sternhaufen ω Centauri. Dieser Sternhaufen steht am südlichen Himmel in AR $13^h\ 20.8^m$ und D. — 46° 57′ (1900) und ist das prachtvollste Objekt seiner Art, welches uns überhaupt an der Himmelssphäre sichtbar ist. Dem unbewaffneten Auge erscheint er als nebeliger Stern 4. Größe, im Fernrohre dagegen bietet er den großartigen Anblick eines aus zahlreichen Sternen gebildeten kugelförmigen Haufens mit Verdichtung gegen das Zentrum hin. Sir John Herschel hat früher eine Abbildung dieses Sternhaufens gegeben, wie sich derselbe ihm im 20-füßigen Spiegelteleskop zeigte. Mit den neuern photographischen Aufnahmen des Objektes verglichen, zeigt jene Abbildung nur eine sehr geringe Ähnlichkeit und beweist aufs neue, daß die ältern Zeichnungen reicher Sternhaufen wertlos sind. Die früheste photographische Aufnahme des Sternhaufens ω im Centauren wurde 1893 zu Arequipa unter sehr günstigen Umständen erhalten. Im August jenes Jahres entdeckte Madame Fleming auf dem Harvardobserva-

torium zu Cambridge (N.-A.) beim Vergleiche dieser Photographien einen veränderlichen Stern in dem Haufen, wenige Tage später Prof. Pickering einen zweiten. Ungefähr um dieselbe Zeit fand Prof. Solon J. Bailey zu Arequipa in dem Sternhaufen 47, Tucanae drei veränderliche Sterne und Madame Fleming später noch drei in dem nämlichen Haufen. Im Februar 1895 unternahm Prof. Pickering die Vergleichung zweier Photographien dieses Sternhaufens, welche zur Entdeckung von noch 6 Veränderlichen in demselben führte[1]). In dem nämlichen Jahre untersuchte Prof. Bailey zu Arequipa eine Anzahl photographischer Aufnahmen von ω Centauri und fand etwa 20 Veränderliche darin, von denen drei identisch waren mit solchen, die bereits in Cambridge entdeckt wurden.

Prof. Solon J. Bailey hat nun eine eingehende Prüfung und Untersuchung der sämtlichen Photographien des großen Sternhaufens ω im Centauren ausgeführt,[2]) um die sämtlichen Veränderlichen dieses Haufens aufzufinden und vor allem die Art und Weise ihres Lichtwechsels mit Genauigkeit festzustellen. Die Photographien, um deren Prüfung es sich handelte, wurden fast sämtlich mit dem 13-zolligen Boydenrefraktor erhalten, dessen photographische Brennweite 191.5 Zoll beträgt. Auf den Originalplatten ist daher die Länge von 0.1 *cm* entsprechend 42.4″ in Bogenmaß. Der durchschnittliche Durchmesser der feinen Sterne beträgt etwa 2″, doch variiert derselbe beträchtlich auf den verschiedenen Platten. Einige Platten wurden auch mit dem 14-zolligen Bruce- oder dem 11-zolligen Draperteleskop erhalten, da aber deren Brennweiten kürzer sind als die des 13-zolligen Boydenrefraktors, so sind die Bilder des Sternhaufens, die in letzterm Instrument erhalten wurden, etwas besser. Die Dauer, während deren die Platten exponiert werden mußten, um die schwächsten Veränderlichen im Minimum ihres Lichtes zu zeigen, betrug bei ω Centauri 30 Minuten (bei dem Sternhaufen Messier 5 50 Minuten, bei Messier 3 sogar 100 Minuten). Nur sehr wenige der dichten Sternhaufen können gut photographiert werden mit Exponierungen von weniger als 1 Stunde, manche erfordern, um die besten Resultate zu erhalten, 2 Stunden Exponierung. Da es unmöglich ist, bei so langen Expositionen das Fernrohr durch Uhrwerk so genau der Drehung des Himmels folgen zu lassen, daß die Bilder unverrückt auf der Platte bleiben, so muß die Bewegung desselben überwacht und sogleich korrigiert werden. Der Beobachter stellt zu diesem Zwecke durch ein an einer Seite des Gesichtsfeldes des Refraktors angebrachtes Okular einen nahebei stehenden Stern hinter die Mitte des Fadenkreuzes und hat nun darauf zu achten, daß dessen Stellung zu den Kreuzfäden während der Expositionsdauer unverändert bleibt. Von der Sorgfalt, mit der diese Stellung erhalten und die geringste Ab-

---

[1]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 26. 208. 211.

[2]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 38. Cambridge 1902.

weichung sofort korrigiert wird, hängt in sehr hohem Grade das Gelingen scharfer Aufnahmen ab. Zum Zwecke der Auffindung veränderlicher Sterne und des Studiums ihres Lichtwechsels wurden in Arequipa zu verschiedenen Zeiten so viele Aufnahmen gemacht, daß man mit Sicherheit darauf rechnen konnte, jede überhaupt merkbare Helligkeitsänderung der Sterne des Haufens zu entdecken. Die Vergleichung der Aufnahmen miteinander geschah, indem der ganze Sternhaufen in mehrere hundert Teile geteilt wurde, von denen jeder etwa 10 Sterne enthält, und diese dann gemäß ihrer Helligkeit vom hellsten bis zum lichtschwächsten in eine Reihenfolge geordnet wurden. Diese Sterne wurden dann auf jeder Photographie sorgfältig verglichen, so daß nur höchstens zufällig eine Veränderlichkeit derselben übersehen werden konnte, wenn nämlich ein Stern nur um ein Geringes sein Licht wechselt, oder die Maximalphase sehr kurz ist, oder die Periode 24 Stunden oder ein Vielfaches derselben sein würde. Die Auffindung veränderlicher Sterne in Sternhaufen ist gleichwohl schwierig, denn die Sternbildchen sind klein und sehr nahe beisammen, so daß sie unter starker Vergrößerung betrachtet und verglichen werden müssen, was eine erhebliche Anspannung des Auges verursacht, besonders bei den dicht gedrängten Sternen nahe dem Zentrum eines Haufens. In manchen der letztern verschwimmen die Sterne in den zentralen Teilen völlig ineinander, so daß es nicht möglich ist, auch dort Veränderlichkeit einzelner Sterne festzustellen. Der Umstand, daß die Phase des hellsten Lichtes oft nur sehr kurz ist, im Vergleiche zur Periode des Lichtwechsels, macht die Auffindung der Veränderlichen auch nicht wenig mühevoll und läßt erklärlich finden, weshalb die Anzahl dieser Sterne in dem Haufen ω Centauri nur nach und nach bis zu ihrer gegenwärtigen Ziffer wuchs.

In der nähern Umgebung dieses Sternhaufens befinden sich keine Sterne, die heller sind als 8. Größe. Im Jahre 1893 hat Prof. Bailey eine Zählung der Sterne des Haufens ausgeführt und fand auf den besten Platten, welche am 13-zolligen Teleskop exponiert waren, 6389 einzelne Sterne, doch ist die Gesamtzahl der in diesen Sternhaufen überhaupt vorhandenen zweifellos beträchtlich größer. Der scheinbare Durchmesser desselben beträgt 35′. Nicht nur in diesem, sondern auch in andern Sternhaufen fanden sich veränderliche Sterne von kurzer Periode des Lichtwechsels in größern Entfernungen, als man gemäß den Zählungen überhaupt für die Grenzen dieser Sternhaufen annehmen muß. Diese Sterne sind aber doch wohl als wirkliche Glieder der betreffenden Haufen zu betrachten, und erst sie bezeichnen daher die äußersten Grenzen dieser letztern. Unter diesem Gesichtspunkte hat der Sternhaufen ω im Centauren eine scheinbare Ausdehnung von 40′, und die Durchmesser der Sternhaufen Messier 3 und 5 erscheinen sogar verdoppelt.

Mit wenigen Ausnahmen sind die Sterne, welche den Haufen ω Centauri bilden, von ziemlich gleicher Helligkeit; mehr als 6000 derselben sind 12.—14.5 Größe, weniger als 100 zwischen 8.und 12. Größe. Eine beträchtliche Zahl der mitgezählten Sterne gehört wahrscheinlich gar nicht dem eigentlichen Haufen an, sondern projiziert sich nur auf demselben für den Anblick von der Erde aus. Unter gewissen Voraussetzungen wird diese Zahl auf 1616 berechnet.[1])

Die erste Platte, welche bei der spätern Forschung nach Veränderlichen benutzt wurde, ist vom 15. Mai 1892, die letzte vom 16. August 1898, die Zwischenzeit umfaßt also 2284 Tage. Die 1. Platte erwies sich jedoch für die Untersuchung von geringer Qualität, und die allgemeine Prüfung begann erst an der am 11. April 1893 erhaltenen Aufnahme. Es wurde auf 124 Aufnahmen der Lichtwechsel von 128 Sternen verfolgt, durch etwa 30000 Vergleichungen ihrer Helligkeit mit Normalsternen, die in dem Haufen ausgewählt waren. Die meisten Messungen dieser Art sind von Frln. E. F. Leland ausgeführt worden.

Die mit größter Sorgfalt durchgeführten Untersuchungen lieferten das Material zur Ableitung der Perioden und der Art und Weise des Lichtwechsels für 95 Sterne. Manche dieser Veränderlichen besitzen eine so rasche Zunahme der Helligkeit im Maximum, daß diese auf photographischem Wege kaum genau festzustellen ist, da die Expositionsdauer der Platten durchschnittlich 40 Minuten beträgt. In diesen Fällen ist offenbar die wirkliche größte Helligkeit, welche die Sterne erreichen, beträchtlicher, als die photographische Aufnahme zeigt.

Unter den 95 Sternen, bei denen Dauer und Größe des Lichtwechsels genauer bestimmt wurden, befinden sich nur fünf, bei denen die Dauer dieses Wechsels länger ist als 24 Stunden. Unter diesen 5 Sternen hat einer eine Periodendauer von 484 Tagen. Er ist im Maximum 11.2 Größe und einer der hellsten Sterne des ganzen Haufens, sinkt dagegen im Minimum bis 14.8 Größe. Er scheint ein sekundäres Maximum der Helligkeit zu haben, und die Periode ist vielleicht nicht gleichförmig. Ein Veränderlicher mit einer Periode von 297 Tagen steht nahe dem Zentrum des Haufens, ist im Maximum 12.0 und im Maximum 14.3 Größe und zeigt auch ein sekundäres Maximum seiner Helligkeit. Der hellste Veränderliche in dem ganzen Sternhaufen hat eine Periode von 29.3 Tagen, erreicht im Maximum die Größe 9.8, im Minimum 11.1, und die Lichtkurve zeigt vom Maximum zum Minimum 3 Wendepunkte. Prof. Bailey teilt die 90 Sterne, deren Lichtwechsel in kürzerer Zeit als 24 Stunden sich vollzieht, in 4 Gruppen oder Unterklassen, nämlich:

---

[1]) Annals of the Harvard-Coll. Observatory 26. p. 221.

a) Veränderliche, deren Periode und Lichtkurve gleichmäßig verläuft. Die Lichtzunahme erfolgt rasch, ebenso auch die Abnahme, doch diese langsamer als jene. Im Minimum bleibt die Helligkeit während etwa der halben Dauer der Periode unverändert, oder wenigstens ist keine Änderung derselben alsdann erkennbar. Der Lichtwechsel umfaßt etwa 1 Größenklasse, und die Periodendauer ist 12—15 Stunden.

b) Periode und Lichtkurve sind wahrscheinlich gleichförmig, die Zunahme der Helligkeit ist mäßig rasch, die Abnahme dagegen langsam und wird langsamer bis zum Beginne der Lichtzunahme. Im Sternhaufen ω Centauri schwankt der Lichtwechsel der Sterne dieser Gruppe um etwas weniger als 1 Größenklasse und die Dauer der Periode zwischen 15 und 20 Stunden.

c) Periode und Lichtkurve sind vielleicht gleichförmig; die Helligkeit wechselt ununterbrochen und mit mäßiger Geschwindigkeit, und die Lichtzunahme ist im allgemeinen rascher als die Abnahme, in wenigen Fällen sind beide gleichschnell oder erstere sogar etwas weniger rasch. Die Helligkeitsschwankungen umfassen im allgemeinen etwas mehr als $^1/_2$ Größenklasse, und die Perioden schwanken zwischen 8 und 10 Stunden, bisweilen sind sie auch etwas länger.

Im Sternhaufen ω Centauri gehören von den bekannten Veränderlichen zu Gruppe a) 37, zu b) 19 und zu c) 34 Sterne. Bei 13 Veränderlichen dieses Sternhaufens war es nicht möglich, bestimmte Perioden ihres Lichtwechsels abzuleiten. Die Verteilung der Veränderlichen dieser 3 Unterklassen zeigt keine Abhängigkeit oder Beziehung zu der Verteilung der Sterne in diesem Sternhaufen überhaupt.

Die oben erwähnten drei typischen Unterklassen sind bei den Veränderlichen im Sternhaufen ω Centauri zahlreich vertreten, in andern Sternhaufen scheint dagegen die Unterklasse a) so zu überwiegen, daß sie als typisch darin angesehen werden kann. Die anscheinend vollkommene Gleichförmigkeit der Perioden dieser Sterne scheint anzuzeigen, daß sie von einem gewissen regelmäßig wiederkehrenden Umstande bedingt ist, möge es sich nun um Achsendrehung oder Bahnumlauf handeln. Es dürfte nicht unwahrscheinlich sein, daß die Umlaufsbewegungen aller mehrfachen Sterne in gewissen Sternhaufen in nahezu parallelen Ebenen vor sich gehen, und daß die Rotationsachsen dieser Sterne auch näherungsweise einander parallel gerichtet sind. Lichtänderungen, ähnlich denen des Algol durch Verdeckung oder infolge ungleicher Lichtstrahlung verschiedener Seiten der Sterne würden dann einem Beobachter nur in bestimmter Stellung dort bemerkbar werden, in andern nicht, und dadurch könnte man vielleicht die Tatsache erklären, daß einige Sternhaufen viele Veränderliche aufweisen, andre ebenso reiche Haufen dagegen nur wenige oder gar keine. Allein die Veränderlichen in den Sternhaufen zeigen keinen Lichtwechsel, der demjenigen der Algolsterne typisch

gleicht, die Gestalt ihrer Lichtkurven verbietet diese Annahme durchaus. Aber auch eine andre Erklärung ist nicht leicht zu begründen, und so muß die Deutung der wunderbaren Erscheinung zahlreicher Veränderlichen in gewissen Sternhaufen der Zukunft überlassen bleiben.

Ein neuer Katalog der veränderlichen Sterne. Die Anzahl der Fixsterne, bei denen eine periodische Änderung ihrer Helligkeit nachweisbar ist, wächst in neuerer Zeit rasch, und das Bedürfnis eines möglichst umfassenden und zuverlässigen Verzeichnisses derselben wird immer dringender. Von seiten der Astronomischen Gesellschaft sind auch Schritte getan, um durch eine besondere Kommission von Astronomen, die auf diesem Gebiete vorzugsweise bewandert sind, einen neuen, umfassenden und kritisch bearbeiteten Katalog der Veränderlichen herstellen zu lassen. Diese Arbeit erfordert naturgemäß eine geraume Zeit. Mittlerweile ist auf der Sternwarte des Harvard-College zu Cambridge (N.-A.) ein vorläufiger Katalog der Veränderlichen hergestellt worden, der in Band XLVIII Nr. III der Annalen dieser Sternwarte publiziert wurde. Derselbe ist nicht absolut vollständig, enthält aber doch nicht weniger als 1227 Veränderliche, von denen 694 auf dem Harvardobservatorium und 509 darunter in kugelförmigen Sternhaufen von Prof. Bailey, 166 von Madame Fleming (hauptsächlich durch die Anwesenheit von hellen Wasserstofflinien in Spektren des 3. Typus) entdeckt wurden.

Eine vollständige Bibliographie der Veränderlichen wurde von Prof. W. M. Reed begonnen und von Miss A. J. Cannon seit September 1900 fortgesetzt; sie umfaßt zurzeit nicht weniger als 34000 Nummern, und aus ihr hat jetzt Miss Cannon den in Rede stehenden Katalog zusammengestellt. Er soll zunächst nur ein vorläufiger sein, denn ein solches Unternehmen birgt notwendig mannigfache Irrtümer; für später ist ein endgültiger Katalog mit den erforderlichen bibliographischen Nachweisen in Aussicht genommen. Das jetzt vorliegende Verzeichnis ist jedenfalls eine überaus wichtige Arbeit, die auch dem von der Astronomischen Gesellschaft eingesetzten Komitee manches neue Material bieten wird. Da sie anderseits nur einem beschränkten Kreise zu Gesicht kommen dürfte, so ist es angezeigt, an dieser Stelle einen für die Freunde astronomischer Beobachtung berechneten Auszug aus diesem Verzeichnisse zu geben. Derselbe ist im folgenden enthalten und gibt sämtliche Veränderliche des Originalkatalogs, jedoch mit Fortlassung einiger Angaben über die Bezeichnungen und die Epochen des Lichtwechsels sowie der Spektralklassen der Sterne. Die Maxima und Minima der Helligkeit sind in optischen Größenklassen ausgedrückt, außer bei den photographisch als veränderlich erkannten Sternen, wobei photographische Größenklassen gegeben und diese durch liegende Ziffern angedeutet sind.

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
V Sculptoris . .	0 3.6	—39 47	*8.5*	*12.0*	295	1896	Fleming
S Sculptoris . .	10.3	—32 36	*6.6*	*12.5*	366	1894	Fleming
X Andromedae .	10.8	+46 27	8	—	—	1900	Anderson
T Ceti	16.7	—20 37	5.1	7.0	Irr.	1881	Chandler
T Andromedae .	17.2	+26 26	8.0	12.6	281	1893	Anderson
T Cassiopejae .	17.8	+55 14	7.2	11.9	445	1870	Krueger
S Tucanae . .	18.4	—62 14	*8.7*	<*11.3*	240	1895	Fleming
R Andromedae .	18.8	+38 1	6.0	<13.0	410.7 +	1858	(Bonn)
S Ceti	19.0	— 9 53	7.9	13.6	320.2	1872	Borrelly
B Cassiopejae .	19.2	+63 36	>1	?	—	1572	R
47 Tucanae . .	19.6	—72 38	—	—	—	1894	Bailey
T Sculptoris . .	24.3	—38 28	8.6	11.4	201.5	1895	(Cordoba)
RR Sculptoris .	24.5	—38 36	9	<11	—	1897	Innes
T Phoenicis . .	25.6	—46 58	*9.0*	<*12*	—	1897	Fleming
T Piscium . .	26.8	+14 3	9.5	11.0	Irr.	1855	Luther
W Sculptoris .	28.2	—33 26	*8*	<*11*	—	1896	(Cordoba)
Y Cephei . . .	31.3	+79 48	9	12	336	1900	L. Ceraski
α Cassiopejae .	34.8	+55 59	2.2	2.8	Irr.	1831	Birt
Z Sculptoris . .	35.0	—34 30	6	8	—	1896	(Cordoba)
S Andromedae .	37.2	+40 43	7	<15	—	1885	Hartwig
U Cassiopejae .	40.8	+47 43	8.0	<15	276.0	1887	Espin
— Cephei . .	42.0	+81 25	—	—	—	1882	R
V Andromedae .	44.6	+35 6	8.4	<14	263	1896	Anderson
X Sculptoris .	44.7	—35 28	9	<13	250 ?	1896	West
RR Andromedae	45.9	+33 50	10	<11	—	1901	Anderson
W Cassiopejae .	49.0	+58 1	8.3	12.1	404 ?	1894	Espin
U Cephei . . .	53.4	+81 20	7.0	9.2	2.5 +	1880	W. Ceraski
— Tucanae . .	54.2	—75 32	*9.2*	*13.0*	258	1898	Fleming
— Tucanae . .	58.9	—71 23	—	—	—	1895	Bailey
U Sculptoris . .	1 6.8	—30 39	9.0	<13 ?	328.0	1896	(Cordoba)
U Andromedae .	9.8	+40 11	8.9	<13	356	1895	Anderson
S Cassiopejae .	12.3	+72 5	7.6	14.4	609.5 +	1861	(Bonn)
S Piscium . .	12.4	+ 8 24	8.2	<14.7	404.3	1851	Hind
U Piscium . .	17.7	+12 21	9.4	14.7	172.7	1880	Peters
R Sculptoris . .	22.4	—33 4	6.2	8.8	376.4	1872	Gould
R Piscium . .	25.5	+ 2 22	8	13.6	344.1 +	1850	Hind
Y Andromedae .	33.7	+38 50	9	<12	217.9	1900	Anderson
X Cassiopejae .	49.8	+58 46	9.3	12	380 ?	1895	Espin
U Persei . . .	52.9	+54 20	*9.0*	*11.6*	320	1890	Fleming
V Persei . . .	55.1	+56 15	*9.2*	<*15.2*	—	1890	Fleming
S Arietis . . .	59.3	+12 3	9.1	14 ?	292.2	1865	Peters
R Arietis . . .	2 10.4	+24 35	8	13.7	186.5 +	1858	(Bonn)
— Hydri . . .	10.4	—71 57	*9.6*	*10.5*	—	1901	Fleming
W Andromedae	11.2	+43 50	8	14.0	—	1899	Anderson
— Persei . . .	12.0	+56 41	—	—	—	1898	Bailey
T Persei . . .	12.2	+58 30	8.4	8.8	Irr.	1882	Safarik
o Ceti	14 3	— 3 26	1.7	9.5	331.6 +	1596	Fabricius
S Persei . . .	15.7	+58 8	8.0	10.3	838	1874	Krueger
R Ceti	20.9	— 0 38	7.8	13.5	167.0	1866	Argelander
S Horologii . .	22.4	—60 1	*9.8*	*12.6*	338	1896	Fleming
R Fornacis . .	24.8	—26 32	8.5	<10	386	1896	(Cordoba)
— Hydri . . .	26.3	—69 58	*7.8*	*8.8*	—	1901	Fleming
X Eridani . .	27.4	—41 54	*9*	<*11*	—	1902	R
U Ceti	28.9	—13 35	7.3	12.7	235.8	1885	Sawyer
R Trianguli . .	31.0	+33 50	*7.3*	*11.4*	268	1890	Fleming
— Cassiopejae .	32.3	+59 10	—	—	—	1902	R
— Persei . . .	33.6	+41 46	9.4	12	3.0 +	1902	Williams
— Ceti . . .	37.4	—23 2	*7.7*	*8.6*	—	1901	Fleming
— Fornacis . .	40.0	—32 8	—	—	—	1897	(Cape)

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Horologii .	2 41.2	—54 44	*9.1*	*10.4*	—	1901	Fleming
T Arietis . . .	42.8	+17 6	7.9	9.7	313	1870	Auwers
W Persei . . .	43.2	+56 34	7.9	10.5	Irr.	1893	Espin
— Fornacis . .	47.6	—29 54	—	—	—	R	(Cape)
R Horologii . .	50.6	—50 18	*5.9*	*11.8*	405.0	1892	Fleming
T Horologii . .	57.7	—51 2	8.5	11.6?	218.2	1896	Kapteyn
ρ Persei . . .	58.8	+38 27	3.4	4.2	Irr.	1854	Schmidt
β Persei . . .	3 1.7	+40 34	2.1	3.2	2.8 +	1669	Montanari
U Arietis . . .	5.5	+14 25	7.0	< 11	361	1892	Schaeberle
X Ceti	14.3	— 1 26	*9.9*	*13.3*	182	1895	Wells
— Ceti	17.6	—30 24	9.3	9.9	—	1897	(Cape)
Y Persei . . .	20.9	+43 50	8	10	236?	1901	Williams
R Persei . . .	23.7	+35 20	7.7	13.5	210.1	1861	Schönfeld
Nova Persei .	24.4	+43 34	0.0	< 13	—	1901	Anderson
T Fornacis . .	25.4	—28 45	8	10	—	1902	R
— Persei . . .	25.5	+45 44	5.4	5.7	—	1901	Deichmüller
— Tauri . . .	27.7	+23 10	*13*	< *15*	—	1901	Wolf
U Camelop. . .	33.2	+62 19	*10.8*	*12.2*	Irr.	1891	Fleming
— Persei . . .	34.1	+51 11	7.5	8.9	—	1896	Espin
— Reticuli . .	35.2	—55 43	*8.0*	*8.9*	—	1898	Fleming
S Fornacis . .	41.9	—24 42	5	9	—	1899	Abetti
U Eridani . .	46.2	—25 16	8.5	< 11.4	—	1896	(Cordoba)
— Eridani . .	46.4	— 1 41	*8.8*	*9.2*	—	1901	Fleming
X Tauri . . .	47.8	+ 7 29	6.6	8.1	Irr.	1876	Gould
X Persei . . .	49.1	+30 45	6	7	R	1898	M. u. Kempf
T Eridani . .	51.0	—24 20	*7.6*	*11.7*	252	1895	Fleming
λ Tauri . . .	55.1	+12 12	3.3	4.2	3.9 +	1848	Baxendell
— Eridani . .	59.3	—22 23	—	—	—	1889	Kapteyn
V Eridani . .	59.8	—16 0	*8.4*	*9.3*	—	1898	Fleming
W Eridani . .	4 7.3	—25 24	*8.1*	< *12.5*	369	1898	Fleming
— Persei . . .	9.1	+50 22	—	—	—	—	R
T Tauri . . .	16.2	+19 18	9.2	< 13.5	Irr.	1852	Hind
W Tauri . . .	22.2	+15 49	8.0	12.2	Irr.	1886	Espin
R Tauri . . .	22.8	+ 9 56	8	14	325	1849	Hind
— Persei . . .	22.8	+39 38	—	—	—	1898	Espin
S Tauri . . .	23.7	+ 9 44	9.5	14.5	375.5	1855	Oudemans
T Camelop. . .	30.4	+65 57	7.0	< 12	370	1891	Espin
R Reticuli . .	32.5	—63 14	7	12.0	273.4	1867	Ragoonath.
R Doradus . .	35.6	—62 16	4.8	6.8	345.0	1874	Gould
R Caeli . . .	37.0	—38 26	*6.9*	*14.1*	398.0	1890	Fleming
— Camelop. . .	40.8	+68 0	—	—	—	1902	Backhouse
R Pictoris . .	43.5	—49 26	*7.7*	*10.0*	160.0	1895	Fleming
— Tauri . . .	45.2	+28 21	—	—	—	—	R
V Tauri . . .	46.2	+17 22	8.3	< 13.5	170.1	1871	Auwers
U Leporis . .	52.0	—21 23	9	10	R	1890	(Cape)
R Orionis . .	53.6	+ 7 59	8.7	13.5	380.0	1848	Hind
ε Aurigae . . .	54.8	+43 40	—	—	Irr.	—	R
R Leporis . .	55.0	—14 57	6	8?	436.1	1855	Schmidt
W Orionis . .	5 0.2	+ 1 2	6	7	Irr.	1894	R
T Leporis . .	0.6	—22 2	*8.2*	*11.5*	365	1895	Fleming
V Orionis . .	0.8	+ 3 58	8.4	< 13	266?	1887	Boß
S Pictoris . .	8.3	—48 38	*8.4*	< *13.8*	428.5	1895	Fleming
R Aurigae . .	9.2	+53 28	6.8	13.8	460.2	1862	(Bonn)
— Pictoris . .	12.3	—47 2	*8.4*	< *11.7*	—	1898	Fleming
T Columbae . .	15.6	—33 49	*7.5*	*11.8*	225.0	1896	Fleming
S Doradus . .	18.9	—69 21	*8.2*	*9.8*	—	1897	Fleming
W Aurigae . .	20.1	+36 49	8.7	15	294?	1898	L. Ceraski
— Leporis . .	20.1	—24 37	—	—	—	1897	Bailey
S Aurigae . .	20.5	+34 4	9.4	< 14.5	Irr.	1881	Dunér

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
Y Aurigae . .	5 21.5	+42 21	8	10	0.7+	1901	Williams
S Orionis . . .	24.1	— 4 46	8.3	13.0	413	1870	Webb
— Orionis . .	24.6	— 8 7	*15.5*	*16.5*	—	1901	Wolf
T Aurigae . .	25.6	+30 22	4.5	<15	—	1892	Anderson
— Orionis . .	28.8	— 4 44	*14.5*	*15.0*	—	1901	Wolf
S. Camelop. . .	30.2	+68 45	8.3	12	313	1891	Espin
— Orionis . .	30.5	— 6 6	*14.5*	*15.5*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	30.6	— 5 5	*13.0*	*14.0*	—	1901	Wolf
T Orionis . . .	30.9	— 5 32	9.7	13	Irr.	1863	Bond
— Orionis . .	31.0	— 5 1	*14.5*	*16.0*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	31.3	— 5 16	*13.0*	*17.0*	—	1901	Wolf
RR Tauri . .	33.3	+26 19	*9*	<*12*	—	1900	L. Ceraski
— Leporis . .	33.3	—24 28	—	—	—	1897	(Cape)
— Orionis . .	34.7	— 3 28	*13.0*	*15.0*	—	1901	Wolf
— Orionis . .	35.4	— 5 27	*14.5*	*16.5*	—	1901	Wolf
U Aurigae . .	35.6	+31 59	8.6	12	407	1891	Espin
— Tauri . . .	39.1	+24 23	—	—	—	1902	Backhouse
Y Tauri . . .	39.7	+20 39	6	8	—	1887	R
— Aurigae . .	41.7	+30 36	—	—	—	1902	Backhouse
— Orionis . .	42.5	— 6 14	—	—	—	1901	Wolf
S Columbae . .	43.2	—31 44	9.0	<12.0	325.5	1896	(Cordoba)
— Orionis . .	43.3	— 5 43	*14.5*	*15.0*	—	1901	Wolf
— Tauri . . .	46.1	+15 51	9	10	—	1903	R
Z Tauri . . .	46.7	+15 46	9	<11	340	1900	Anderson
R Columbae .	46.7	—29 13	*7.6*	<*12.3*	333	1893	Fleming
— Tauri . . .	47.3	+15 42	10	12	294	1903	R
V Camelop. . .	49.4	+74 30	*8*	<*14*	—	1902	(Greenwich)
α Orionis . . .	49.8	+ 7 23	1	1.4	Irr.	1840	J. Herschel
U Orionis . .	49.9	+20 10	5.8	12.3	375	1885	Gore
— Aurigae . .	53.7	+53 18	9	11	—	1903	Anderson
R Octantis . .	56.8	—86 26	*7.3*	*12.2*	330.0	1892	Fleming
S Leporis . . .	6 1.6	—24 11	6.7	7.5	Irr.	1891	Sawyer
X Aurigae . .	4.4	+50 14	8	11	331	1900	Anderson
— Geminorum .	4.7	+26 3	7.4	8.2	Irr.	1897	Backhouse
— Geminorum .	5.8	+21 54	6.7	7.9	Irr.	1897	Backhouse
η Geminorum .	8.8	+22 32	3.2	4.2	231.4	1865	Schmidt
— Columbae .	11.2	—33 2	9.2	10.0	—	1889	Kapteyn
V Aurigae . .	16.5	+47 45	8.5	<11.5	339.4	1893	Espin
V Monocerotis .	17.7	— 2 9	7.4	<12.9	332.0	1883	Schönfeld
T Monocerotis .	19.8	+ 7 8	5.7	6.8	27.0+	1871	Gould
— Geminorum .	20.3	+19 8	8.8	9.5	—	1895	Espin
Z Monocerotis .	28.0	— 8 48	*9.0*	<*10.1*	—	1898	Fleming
W Geminorum .	29.2	+15 24	6.7	7.5	7.7+	1896	Sawyer
R Monocerotis .	33.7	+ 8 49	9.5	13	Irr.	1861	Schmidt
S Monocerotis .	35.5	+ 9 59	4.9	5.4	—	1867	Winnecke
S Lyncis . . .	35.9	+58 0	9.4	14	293?	1898	Anderson
X Geminorum .	40.7	+30 23	8	12	254	1897	Anderson
W Monocerotis .	47.5	— 7 2	8.8	<10	262.5	1887	Espin
— Canis Majoris	50.6	—24 3	8.7	9.3	—	1898	Innes
Y Monocerotis .	51.3	+11 22	*8*	<*11*	—	1900	L. Ceraski
X Monocerotis .	52.4	— 8 56	*8.3*	<*11.7*	—	1898	Fleming
R Lyncis . . .	53.0	+55 28	7.2	13.6	380.0	1870	Krueger
— Monocerotis .	53.0	+ 6 18	—	—	—	1902	L. Ceraski
ζ Geminorum .	58.3	+20 43	3.8	4.3	10.1+	1847	Schmidt
R Geminorum .	7 1.3	+22 52	6.6	13.3	370.2+	1848	Hind
V Canis Minoris	1.5	+ 9 1	*8.8*	<*13.7*	364	1896	Fleming
— Puppis . .	1.7	—35 47	*8.0*	*8.6*	—	1901	Fleming
R Canis Minoris	3.2	+10 11	7.2	10.0	337.7	1855	(Bonn)
— Canis Majoris	3.4	—11 46	*8.0*	*10.0*	—	1901	Fleming

Name	R. A. 1900	Dec. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
S Canis Majoris	7 5.7	—32 46	9	10	—	1897	(Cape)
R Volantis	7.4	—72 51	8	<10	—	1899	(Cape)
L² Puppis	10.5	—44 29	3.4	6.2	140.1 +	1872	Gould
R Canis Majoris	14.9	—16 12	5.7	6.3	1.1 +	1887	Sawyer
V Geminorum	17.6	+13 17	8.2	14 5	276	1880	Baxendell
— Lyncis	20.9	+46 10	*7.8*	*8.4*	—	1901	Fleming
— Monocerotis	22.4	—11 31	*10.0*	*10.7*	—	1898	Fleming
U Monocerotis	26.0	— 9 34	6.7	7.5	Irr.	1873	Gould
S Canis Minoris	27.3	+ 8 32	7.2	12 2	330.3 +	1856	Hind
Z Puppis	28.3	—20 27	7.5	11.1	503	1897	Perry
T Canis Minoris	28.4	+11 58	9	<13.5	322.7	1865	Schönfeld
X Puppis	28.4	—20 42	8	9.6	R	1889	Kapteyn
S Volantis	31.4	—73 10	9.1	<13	400 ±	1900	Innes
— Geminorum	35.3	+20 39	—	—	—	1902	L. Ceraski
U Canis Minoris	35.9	+ 8 37	8.5	13.5	410	1879	Baxendell
S Geminorum	37.0	+23 41	8.2	14.5	294	1848	Hind
W Puppis	42.6	—41 57	*8.8*	*12.6*	120.8	1895	Fleming
T Geminorum	43.3	+23 59	8.1	<13.5	288.1	1848	Hind
— Canis Minoris	43.4	+ 5 40	*9.8*	*11.3*	—	1896	Fleming
RR Puppis	43.5	—41 8	10.0	11.0	6.4 +	1899	(Cape)
S Puppis	43.8	—47 52	7.2	9	—	1873	Gould
— Puppis	45.0	—42 16	7.8	8.5	R	1899	Roberts
U Geminorum	49.2	+22 16	8.9	14	Irr.	1855	Hind
— Puppis	49.2	—23 55	7.9	9.3	—	1889	Kapteyn
V Puppis	55.4	—48 58	4.1	4.8	1.4 +	1886	Williams
U Puppis	56.1	—12 34	8.5	<14	315	1881	Pickering
RT Puppis	8 1.7	—38 29	*8.9*	<*10.5*	—	1898	Wells
RU Puppis	3.2	—22 37	*9.4*	*11.6*	—	1898	Wells
Y Puppis	8.8	—34 50	8.8	9.2	Irr.	1896	(Cordoba)
RS Puppis	9.2	—34 17	7.0	8.5	41.2 +	1897	(Cape)
R Cancri	11.0	+12 2	6	11.5	352.8 +	1829	Schwerd
— Hydrae	14.9	+ 3 5	—	—	—	1896	Backhouse
V Cancri	16.0	+17 36	7.6	12.3	272.1	1870	Auwers
— Hydrae	19.6	— 8 11	*7.4*	*8.8*	—	1901	Fleming
R Chamaeleon	24.0	—76 2	*8.9*	*12.8*	—	1901	Fleming
RT Hydrae	24.7	— 5 59	*8.0*	*10.1*	—	1898	Fleming
V Carinae	26.7	—59 47	7.4	8.1	6.6 +	1892	Roberts
X Carinae	29.1	—58 53	7.9	8.7	0.5 +	1892	Roberts
U Cancri	30.0	+19 14	8.4	<14	305.0	1853	Chacornac
— Ursae Majoris	33.9	+50 29	—	—	—	1898	Fleming
T Velorum	34.4	—47 1	7.6	8.5	4.6 +	1892	Roberts
RV Hydrae	34.9	— 9 14	*7.7*	*9.0*	—	1901	Fleming
S Cancri	38.2	+19 24	8.0	10.2	9.4 +	1848	Hind
R Pyxidis	41.3	—27 50	8.0	<11	355 ?	1890	Holetschek
S Hydrae	48.4	+ 3 27	7.6	12.2	257.0	1848	Hind
X Cancri	49.8	+17 37	6	8	—	—	—
T Hydrae	50.8	— 8 46	7.2	13.1	288.8	1851	Hind
T Cancri	51.0	+20 14	8.0	10.5	482	1850	Hind
S Pyxidis	9 0.7	—24 41	*8.9*	*11.1*	213 ?	1896	(Cordoba)
V Ursae Majoris	1.1	+51 31	—	—	—	1901	Anderson
W Cancri	4.0	+25 39	*9.1*	<*13.5*	381 ?	1895	Fleming
— Pyxidis	4.9	—28 36	9.0	9.8	R	1898	Innes
RU Carinae	13.4	—65 49	*10.9*	*12.1*	—	1898	Fleming
RW Carinae	18.2	—68 20	—	—	—	1901	Fleming
V Velorum	19.2	—55 32	7.5	8.2	4.3 +	1892	Roberts
— Velorum	24.4	—48 26	*9.5*	<*13.5*	—	1902	Fleming
Y Velorum	25.7	—51 45	8.6	<12	R	1901	Innes
S Antliae	27.9	—28 11	6.3	6.8	0.3 +	1888	Paul
N Velorum	28.2	—56 36	—	—	—	1871	Gould

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
S Velorum . .	9 29.4	−44 46	7.8	9.3	5.9 +	1894	Woods
U Velorum . .	29.5	−45 4	8.2	8.6	Irr.	1895	Roberts
T Antliae . . .	29.7	−36 10	*8.7*	*9.6*	—	1897	(Cape)
R Carinae . .	29.7	−62 21	4 5	10.0	309.7 +	1871	Gould
X Hydrae . .	30.7	−14 15	8.4	11.8	296	1894	Skinner
— Draconis . .	31.1	+78 18	*9.3*	*13*	—	1903	L. Ceraski
— Ursae Majoris	36.7	+56 25	7.9	8.6	0.1 +	1903	M. und K.
R Sextantis . .	37.8	− 7 39	*9.5*	*10.6*	Irr.	1895	Wells
R Leonis Minoris	39.6	+34 58	7.6	12.9	370.5 +	1863	Schönfeld
RR Hydrae . .	40.4	−23 34	*8*	< *12*	350	1898	(Cape)
R Leonis . . .	42.2	+11 54	4.6	10.5	312.8	1782	Koch
l Carinae . . .	42.5	−62 3	3.6	5.0	35.5 +	1871	Gould
Y Hydrae . .	46.4	−22 33	*7.6*	*10.1*	—	1896	Wells
Z Velorum . .	49.4	−53 42	9.3	R	360 ±	1901	Innes
— Hydrae . .	50.9	−19 13	—	—	—	1889	Kapteyn
X Velorum . .	51.4	−41 7	—	—	—	1901	Wells
V Leonis . . .	54.5	+21 44	8.6	< 13.5	273.7	1882	Becker
RR Carinae . .	54.8	−58 23	*8.0*	*10 1*	365.0	1894	Fleming
RV Carinae . .	55.6	−63 25	*9*	< *11*	—	1899	Innes
R Antliae . .	10 5.4	−37 14	7.2	7.8	Irr.?	1872	Gould
S Carinae . .	6.2	−61 4	5.8	9 0	148.7	1871	Gould
U Ursae Majoris	8.2	+60 29	*7.0*	*8.7*	—	1898	Fleming
Z Carinae . .	10.4	−58 21	*8.8*	*13.4*	394.0	1894	Fleming
W Velorum . .	11.5	−53 59	8.8	< 11.4	185.8	1896	Kapteyn
RR Velorum .	17.8	−41 51	10.0	10.9	1.8 +	1901	Innes
U Leonis . . .	18.7	+14 31	—	—	—	1876	Peters
Y Carinae . .	29.4	−57 59	8.1	8.6	3.6 +	1893	Roberts
U Antliae . .	30.8	−39 3	—	—	—	1901	Wells
U Hydrae . .	32.6	−12 52	4.5	6.3	Irr.	1871	Gould
— Carinae . .	32.7	−70 11	*8.8*	< *13.2*	—	1902	Fleming
RX Carinae . .	33.2	−61 48	*10.0*	< *12.5*	—	1901	Pickering
R Ursae Majoris	37.6	+69 18	6.9	13.3	302.1 +	1853	Pogson
RT Carinae . .	40.9	−58 54	*9 3*	*10.7*	—	1898	Wells
η Carinae . .	41.2	−59 10	> 1	7.4	Irr.	1827	Burchell
RS Hydrae . .	46 6	−28 6	8	< 11	339	1897	(Cape)
V Hydrae . .	46.8	−20 43	6.7	9.5	575	1888	Chandler
W Leonis . . .	48.4	+14 15	9	< 14	394.3?	1880	Peters
T Carinae . .	51.3	−59 54	6.7	7.0	—	1877	Gould
U Carinae . .	53 7	−59 12	6.8	8.0	38.7 +	1891	Roberts
R Crateris . .	55.6	−17 47	> 8	< 9	—	1861	Winnecke
RW Centauri .	11 2.9	−54 35	—	—	—	1901	Wells
RS Carinae . .	3.9	−61 24	*8*	< *14*	—	1895	Fleming
S Leonis . . .	5.7	+ 6 0	9.0	< 13	190.0 +	1856	Chacornac
RY Carinae . .	15.8	−61 19	10	< 12	—	1901	Innes
RS Centauri . .	16.1	−61 20	*9.2*	< *12.9*	162	1896	Fleming
T Leonis . . .	33.3	+ 3 56	—	—	—	1865	Peters
— Draconis . .	39.8	+72 49	*9.9*	*12.4*	1.3 +	1903	L. Ceraski
Z Hydrae . .	42.6	−32 43	9.2	10.0	52.5	1898	(Cape)
X Centauri . .	44 2	−41 12	*7.3*	*13.0*	313.9	1895	Fleming
W Centauri . .	50.0	−58 42	*8.6*	*13.1*	204.3	1895	Fleming
X Virginis . .	56.7	+ 9 38	8	12	—	1871	Peters
R Com. Beren. .	59.1	+19 20	8	< 14	361.8	1856	Schönfeld
RX Virginis . .	59.6	− 5 13	*7.2*	*8.8*	—	1898	Fleming
RW Virginis .	12 2.1	− 6 12	*7.1*	*8.3*	—	1898	Fleming
RU Centauri .	4.2	−44 52	*9*	*10*	—	1897	(Cape)
S Muscae . . .	7.4	−69 36	6.4	7.3	9.6 +	1891	Roberts
T Virginis . .	9.5	− 5 29	8.7	13.5	339.5	1849	Boguslawski
R Corvi . . .	14.4	−18 42	7.7	11.5	318.5	1867	Karlinski
— Virginis . .	15.2	− 8 27	*9.2*	*9.8*	—	1901	Fleming

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
T Crucis . . .	12 15.9	—61 44	6.8	7.6	6.7 +	1895	Roberts
R Crucis . . .	18.1	—61 4	6.8	7.9	5.8 +	1891	Roberts
S Centauri . .	19.2	—48 53	7	?	—	1889	Pickering
— Virginis . .	20.1	+ 1 19	—	—	—	—	—
T Can. Venat. .	25.2	+32 3	8.6	12	281	1897	Anderson
U Crucis . . .	26.8	—57 2	*10.3*	< *13.2*	365 ?	1896	Fleming
U Centauri . .	28.0	—54 6	*8.7*	*12.6*	216.8	1894	Fleming
Y Virginis . .	28.7	— 3 52	8.6	13.4	218.8	1874	Henry
T Ursae Majoris	31.8	+60 2	6.4	13.1	257.2 +	1860	(Bonn)
R Virginis . .	33.4	+ 7 32	6.4	12.1	145.4 +	1809	Harding
— Centauri . .	35.5	—34 1	—	—	—	1897	(Cape)
R Muscae . . .	36.0	—68 52	6.5	7.6	0.8 +	1871	Gould
S Ursae Majoris	39.6	+61 38	7.3	12.5	226.1 +	1853	Pogson
RU Virginis . .	42.2	+ 4 42	8	12	455	1897	Roy
U Virginis . .	46.0	+ 6 6	7.7	12.8	207.0	1831	Harding
S Crucis . . .	48.4	—57 53	6.5	7.6	4.6 +	1891	Roberts
— Crucis . . .	50.7	—57 21	*10.4*	*13.6*	—	1902	Fleming
RT Virginis . .	57.6	+ 5 43	*8.8*	*9.7*	—	1896	Fleming
RV Virginis . .	13 2.7	—12 38	*10*	< *14*	—	1900	Schwaßman
— Centauri . .	6.3	—56 28	—	—	—	1901	Wells
S Can. Venat. .	8.5	+37 54	7.3	9	—	—	R
— Virginis . .	8.9	— 2 16	—	—	—	1901	Fleming
U Octantis . .	12.3	—83 42	7.7	10.3	—	1900	(Cape)
— Centauri . .	15.1	—61 3	*10.5*	*11.3*	—	1898	Fleming
ω Centauri . .	20.8	—46 57	—	—	—	1897	Bailey
W Virginis . .	20.9	— 2 52	8.7	10.4	17.2 +	1866	Schönfeld
V Virginis . .	22.6	— 2 39	8.0	< 13	250.5	1857	Goldschmidt
R Hydrae . .	24.2	—22 46	3.5	9.7	425.1 +	1670	Montanari
— Chamaeleon.	24.6	—77 3	—	—	—	1901	Fleming
S Virginis . .	27.8	— 6 41	5.6	12.3	376.4 +	1852	Hind
RV Centauri .	31.1	—55 58	*9.0*	< *12.6*	—	1897	Fleming
Z Centauri . .	34.3	—31 8	*7*	< 16.5	—	1895	Fleming
T Centauri . .	36.0	—33 6	6.4	7.7	90.4	1894	Markwick
RY Virginis . .	36.3	—18 38	—	—	—	1901	Wells
— Can. Venat. .	37.6	+28 53	—	—	—	1895	Bailey
RT Centauri .	42.5	—36 22	8.8	11.3	249.2	1896	Innes
W Hydrae . .	43.4	—27 52	6.7	8.0	384	1889	Sawyer
R Can. Venat. .	44.6	+40 2	6.1	11.5	338	1888	Espin
RX Centauri .	45.6	—36 27	9	< 12	—	1902	R
T Apodis . . .	46.1	—77 18	8.6	< 13	—	1900	Innes
θ Apodis . . .	55.6	—76 19	5.5	6.6	—	—	Gould
RR Virginis . .	59.6	— 8 43	11	< 14	217	1880	Peters
Z Bootis . . .	14 1.7	+13 58	*10.0*	*13.0*	—	1898	Wells
Z Virginis . .	5.0	—12 50	9	15	306.5	1880	Palisa
RU Hydrae . .	5.8	—28 25	8	< 13	345 ?	1898	(Cape)
R Centauri . .	9.4	—59 27	5.6	11.8 ?	569.0	1871	Gould
T Bootis . . .	9.4	+19 32	9.7	< 14	—	1860	Baxendell
RR Centauri .	9.9	—57 23	7.4	7.8	0.3 +	1896	Roberts
T Lupi . . .	15.7	—49 24	*9.2*	*11.2*	—	1895	Wells
— Lupi . . .	16.9	—47 4	—	—	—	1901	Fleming
Y Bootis . . .	17.4	+20 16	8.0	8.6	2.6 ?	1894	Parkhurst
X Bootis . . .	19.4	+16 46	9.0	10.2	121.5	1859	Baxendell
S Bootis . .	19.5	+54 16	8.0	13.5	268.2 +	1860	(Bonn)
— Bootis . . .	19.7	+26 10	7	8 ?	R	1893	Hartwig
RS Virginis . .	22.3	+ 5 8	*8.1*	< *12.3*	354	1892	Fleming
R Camelop. . .	25.1	+84 17	7.9	13.7	267.5 +	1858	Hencke
Y Centauri . .	25.1	—29 39	*7.7*	*8.8*	—	1895	Fleming
V Centauri . .	25.4	—56 27	6.4	7.8	5.4 +	1894	Roberts
V Bootis . . .	25.7	+39 18	6.9	10.5	256	1884	Dunér

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
RV Librae . .	14 30.2	−17 36	*8.3*	*9.6*	—	1898	Leland
R Bootis . . .	32.8	+27 10	6.8	12.9	223.4 +	1858	(Bonn)
V Librae . . .	34.8	−17 14	9.3	12.2	256	1882	Schönfeld
W Bootis . . .	39.0	+26 57	5.2	6.1	Irr.	1867	Schmidt
R Apodis . . .	46.5	−76 15	5.5	6.2	—	1873	Gould
S Lupi	46.7	−46 12	*9.6*	*13.1*	346.0	1894	Fleming
U Bootis . . .	49.7	+18 6	9.1	13.6	176.7	1880	Baxendell
V Lupi . . .	52.6	−53 0	—	—	—	1901	Fleming
δ Librae . . .	55.6	− 8 7	5.0	6.2	2.3 +	1859	Schmidt
S Apodis . . .	59.4	−71 40	*8.5*	< *11.3*	298.0	1896	Fleming
T Triang. Aust.	15 0.4	−68 20	6.9	7.4	0.9 +	1879	Gould
RT Librae . .	0.8	−18 21	8.5	< 11.7	295?	1895	Skinner
— Triang. Aust.	4.8	−69 42	*9.1*	*9.8*	—	1898	Wells
T Librae . . .	5.0	−19 38	10	< 16	238	1878	Palisa
Y Librae . . .	6.4	− 5 38	8.2	12	272?	1887	Bauschinger
ι Librae . . .	6.5	−19 25	4.3	5.0	—	1896	Pickering
W Lupi . . .	8.5	−50 25	*10.6*	< *13.4*	—	1901	Pickering
R Triang. Aust.	10.8	−66 8	6.7	7.4	3.3 +	1871	Gould
— Librae . .	13.5	+ 2 27	—	—	—	1895	Bailey
U Cor. Borealis	14.1	+32 1	7.6	8.7	3.4 +	1869	Winnecke
S Librae . . .	15.6	−20 2	7.6	< 13	192.1	1872	Borrelly
S Serpentis . .	17.0	+14 40	7.8	12.5	365.4 +	1828	Harding
S Cor. Borealis .	17.3	+31 44	6.7	12.3	360.8	1860	Hencke
RS Librae . .	18.5	−22 33	*8.4*	< *11.0*	221	1892	Fleming
R Circini . . .	20.0	−57 22	—	—	—	1901	Fleming
Nova Normae .	22.2	−50 14	*7*	*13*	—	1893	Fleming
RU Librae . .	27.7	−14 59	*8.5*	< *12.8*	320?	1895	Fleming
R Normae . .	28.8	−49 10	7	11	510	1879	Gould
X Librae . . .	30.4	−20 50	9.5	14	163.6	1878	Peters
W Librae . .	32.2	−15 51	9.8	15	206	1878	Peters
S Ursae Minoris	33.4	+78 58	*8.4*	*11.4*	328	1895	Fleming
U Normae . .	34.6	−54 59	8.8	10.4	12.7 +	1899	(Cape)
U Librae . . .	36.2	−20 52	9	< 14	226.2	1878	Peters
T Normae . .	36.4	−54 40	7.0	< 11.4	244.0	1899	Innes
— Lupi . . .	39.5	−37 26	—	—	—	1897	Bailey
Z Librae . . .	40.7	−20 49	11	< 13	295	1879	Peters
R Cor. Borealis	44.4	+28 28	5.5	10.1	Irr.	1795	Pigott,
V Cor. Borealis	46.0	+39 52	7.2	12.0	356.5	1878	Dunér
R Serpentis . .	46.1	+15 26	5.6	13	357.0 +	1826	Harding
R Lupi . . .	47.0	−36 0	9.0	< 12?	234.5	1884	Gould
R Librae . . .	47.9	−15 56	9.2	< 13	R	1858	Pogson
RR Librae . .	50.6	−18 1	8.4	14	277.0	1885	Peters
S Triang. Aust.	52.2	−63 30	6.4	7.4	6.3 +	1879	Gould
U Lupi . . .	54.5	−29 38	9.1	10.7	608?	1898	(Cape)
T Cor. Borealis	55.3	+26 12	2.0	9.5	—	1866	Birmingham
U Triang. Aust.	58.4	−62 38	7.8	8.4	2.5 +	1893	Roberts
RZ Scorpii . .	58.6	−23 50	8.0	< 13	155	1896	Innes
X Herculis . .	59.6	+47 31	5.9	7.2	Irr.	1890	Gore
Z Scorpii . . .	16 0.1	−21 28	9.0	12?	370	1883	Peters
RR Herculis .	1.5	+50 46	7.8	9.5	—	1894	Espin
R Herculis . .	1.7	+18 38	8.6	13.6	317.7 +	1855	(Bonn)
U Serpentis . .	2.5	+10 12	*9.0*	< *11.9*	—	1898	Fleming
V Normae . .	2.6	−48 58	—	—	—	1901	Fleming
X Scorpii . .	2.7	−21 16	10	< 13	199.0	1876	Peters
W Scorpii . .	5.9	−19 53	10	< 14.7	222.3	1877	Palisa
RX Scorpii . .	5.9	−24 38	*9*	< *12*	—	1896	(Cordoba)
RU Herculis .	6.0	+25 20	7.0	13.5	473?	1896	Anderson
W Normae . .	9.0	−52 21	—	—	—	1901	Fleming
S Normae . .	10.6	−57 39	6.6	7.6	9.7 +	1892	Roberts

Name	R. A. 1900		Dez. 1900		Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h	m	°	′			d		
T Scorpii	16	11.1	—22	44	7.0	<12	—	1860	Auwers
— Scorpii		11.1	—22	44	—	—	—	1898	Bailey
R Scorpii		11.7	—22	42	9.8	16	224.5	1853	Chacornac
S Scorpii		11.7	—22	39	9.1	15	176.7	1854	Chacornac
— Coron. Bor.		11.9	+38	1	*8.5*	*13.0*	244 +	1902	Anderson
— Normae		14.6	—50	14	—	—	—	1901	Fleming
W Ophiuchi		16.0	— 7	28	8.9	<13.5	331.3	1881	Schönfeld
U Scorpii		16.8	—17	38	9?	<12	—	1863	Pogson
X Normae		17.7	—51	42	*11.0*	<*12.3*	—	1901	Fleming
V Ophiuchi		21.2	—12	12	7.0	10.5	302.5	1881	Dunér
U Herculis		21.4	+19	7	6.4	12.0	409	1860	Hencke
Y Scorpii		23.8	—19	13	10?	14	359?	1876	Peters
g Herculis		25.4	+42	6	4.7	6.0	Irr.	1857	Baxendell
T Ophiuchi		28.0	—15	55	10	<12.5	361?	1860	Pogson
SS Herculis		28.0	+ 7	3	9.0	<12	—	1901	Anderson
S Ophiuchi		28.5	—16	57	8.3	<13	233.8	1854	Pogson
ST Scorpii		30.2	—31	2	7.8	9.7	—	1898	(Cape)
R Ursae Minoris		31.3	+72	28	9.0	10.3	Irr.	1881	Pickering
R Arae		31.4	—56	48	6.8	7.9	4.4 +	1892	Roberts
W Herculis		31.7	+37	32	7.8	13.2	280.0 +	1880	Dunér
Y Herculis		32.0	+ 7	19	6.9	8.0	—	1882	Chandler
R Draconis		32.4	+66	58	7.1	12.7	245.6	1876	Geelmuyden
SU Scorpii		34.2	—32	11	8	10	—	1896	Innes
— Herculis		38.1	+36	39	—	—	—	1898	Bailey
V Triang. Aust.		39.8	—67	36	—	—	—	1901	Fleming
S Draconis		40.8	+55	7	7.5	9.3	—	1892	Espin
RR Ophiuchi		43.2	—19	17	8	<11	277?	1898	(Cape)
S Herculis		47.4	+15	7	7.3	12.6	308.1	1856	(Bonn)
RS Scorpii		48.4	—44	56	*7.0*	*11.4*	332?	1890	Fleming
SS Scorpii		48.8	—32	28	7	10	—	1897	(Cordoba)
RR Scorpii		50.2	—30	25	*7.0*	*12.1*	282.7	1894	Fleming
RV Scorpii		51.8	—33	27	6.7	7.4	6.0 +	1894	Roberts
— Ophiuchi		53.9	—12	44	5.5	12.5	—	1848	Hind
T Arae		54.4	—54	55	*9.9*	*11.0*	—	1898	Wells
— Ophiuchi		54.9	—29	58	—	—	—	1897	Bailey
RV Herculis		56.8	+31	22	9	16	200?	1897	Anderson
RT Scorpii		56.8	—36	40	*9.2*	<*12.9*	—	1893	Fleming
R Ophiuchi	17	2.0	—15	58	7.1	12.6	302.7	1853	Pogson
RT Herculis		6.8	+27	11	9	<12	312?	1896	Anderson
RW Scorpii		8.3	—33	19	*9.4*	*14.1*	388	1895	Fleming
α Herculis		10.1	+14	30	3.1	3.9	Irr.	1795	Herschel
U Ophiuchi		11.4	+ 1	19	6.0	6.7	0.8 +	1871	Gould
u Herculis		13.6	+33	12	4.6	5.4	Irr.	1869	Schmidt
Z Ophiuchi		14.5	+ 1	37	*8.4*	*12.6*	348	1894	Fleming
RS Herculis		17.5	+23	1	8.0	11	220	1895	Anderson
SW Scorpii		18.1	—43	44	—	—	—	1901	Fleming
Nova Ophiuchi		24.6	—21	24	>1	?	—	1604	R
S Octantis		25.9	—86	46	*8.2*	*11.6*	265	1892	Fleming
— Arae		32.5	—53	37	—	—	—	1898	Bailey
V Pavonis		34.7	—57	40	*8.3*	*9.8*	—	1898	Wells
RU Scorpii		35.1	—43	42	*9.3*	*13 2*	373	1895	Fleming
— Scorpii		35.7	—35	12	*10.7*	*12.1*	—	1901	Fleming
SX Scorpii		40.8	—35	40	*9.6*	*11.1*	—	1901	Fleming
W Pavonis		41.1	—62	22	*9.1*	<*12.8*	—	1898	Fleming
X Sagittarii		41.3	—27	48	4.4	5.4	7.0 +	1866	Schmidt
SV Scorpii		41.6	—35	40	9	<11.4	245	1899	Innes
RY Scorpii		44.3	—33	40	7.5	9.0	39.1 +	1896	(Cordoba)
RS Ophiuchi		44.8	— 6	40	—	—	—	1901	Fleming
U Arae		45.7	—51	40	*8.9*	*12.4*	—	1898	Fleming

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
Y Ophiuchi . .	17 47.3	— 6 7	6.1	6.5	17.1 +	1888	Sawyer
V Arae . . .	47.3	—48 17	*9.7*	< *12.3*	—	1901	Fleming
W Arae . . .	49.2	—49 47	—	—	—	1901	Fleming
S Arae . . .	51.4	—49 25	8.9	9.7	R	1900	(Cape)
— Ophiuchi . .	51.7	+11 10	9.2	< 10,1	—	1901	Anderson
Z Herculis . .	53.6	+15 9	7.1	7.9	3.9 +	1891	M. und K.
T Draconis . .	54.8	+58 14	7.5	12.2	435 ?	1894	Espin
— Sagittarii .	55.0	—26 17	—	—	—	1890	Kapteyn
RY Herculis .	55.4	+19 29	9	14	—	1899	Anderson
V Draconis . .	56.3	+54 53	9.3	14.1	283 ?	1900	Anderson
W Coron. Aust. .	58.2	—39 20	—	—	—	1901	Fleming
W Sagittarii .	58.6	—29 35	4.3	5.1	7.5 +	1866	Schmidt
RW Herculis .	18 1.7	+22 4	9	< 12	—	1895	Becker
X Coron. Aust. .	2.6	—45 26	—	—	—	1901	Fleming
R Pavonis . .	3.3	—63 38	*7.6*	*9.0*	229	1893	Fleming
W Draconis . .	5 4	+65 56	*9.0*	< *14*	—	1902	(Greenwich)
T Herculis . .	5.3	+31 0	7.9	12.9	164.8 +	1857	(Bonn)
X Draconis . .	6.8	+66 8	*9.5*	*14*	—	1902	(Greenwich)
Y Coron. Aust. .	7.2	—42 53	*11.3*	*13.1*	—	1901	Fleming
RS Sagittarii .	11.0	—34 8	5.7	6 3	2.4 +	1874	Gould
W Lyrae . . .	11.5	+36 38	7.6	12.5	200	1896	Anderson
— Serpentis . .	13.6	—15 39	*8.5*	*9.1*	—	1901	Fleming
Y Sagittarii . .	15.5	—18 54	5.4	6.2	5.7 +	1886	Sawyer
— Sagittarii .	18.4	—24 55	—	—	—	1897	Bailey
T Telescopii . .	19.0	—49 42	*11.3*	< *12.7*	—	1901	Fleming
RV Sagittarii .	21.4	—33 23	*8.2*	*12.3*	320	1895	Fleming
d Serpentis . .	22.1	+ 0 8	—	—	—	1891	R
— Coron. Aust. .	23.7	—45 2	*11.0*	*12.7*		1901	Fleming
T Serpentis . .	23.9	+ 6 14	9.1	< 13.5	342 3	1860	Baxendell
SS Sagittarii .	24.6	—16 58	—	—	—	1901	Fleming
RX Herculis .	26.0	+12 32	7.0	7.5	0.8 +	1898	Sawyer
U Sagittarii . .	26.0	—19 12	6.5	7.3	6.7 +	1866	Schmidt
T Lyrae . . .	28.9	+36 55	7.2	7.8	—	1876	Birmingham
— Sagittarii .	30.3	—23 59	—	—	—	1895	Bailey
RZ Herculis . .	32.7	+25 58	*9*	*12*	340 ?	1900	Ceraski
X Ophiuchi . .	33.6	+ 8 44	6.8	9.0	335	1886	Espin
Y Lyrae . . .	34.2	+43 52	*11.3*	*12.3*	0.5 +	1900	Williams
U Coron. Aust. .	34.3	—37 56	*8.9*	< *11.7*	145	1896	Fleming
— Coron. Aust. .	38.7	—38 52	—	—	—	1898	Fleming
V Coron. Aust. .	40.7	—38 16	9	< 10	—	1896	(Cordoba)
T Aquilae . .	40.9	+ 8 38	8.8	10.0	Irr.	1860	Winnecke
R Scuti . . .	42.2	— 5 49	4.8	7.8	Irr.	1795	Pigott
— Lyrae . . .	42.2	+43 32	*9.0*	< *12*	—	1902	Williams
S Scuti . . .	44.9	— 8 1	6	8	—	—	R
β Lyrae . . .	46.4	+33 15	3.4	4.1	12.9 +	1784	Goodricke
κ Pavonis . .	46.6	—67 21	3.8	5.2	9.0 +	1872	Thome
U Scuti . . .	48.9	—12 44	9.1	9.6	R	1901	L. Ceraski
T Scuti . . .	50.0	— 8 18	—	—	—	1901	Fleming
R Lyrae . .	52.3	+43 49	4.0	4.7	46.4	1856	Baxendell
— Coron. Aust. .	52.8	—36 46	—	—	—	1897	Bailey
S Coron. Aust. .	54.4	—37 5	>9.5	13	—	1866	Schmidt
R Coron. Aust. .	55.2	—37 6	10.2	< 11.0	89.2	1865	Schmidt
T Coron. Aust. .	55.2	—37 6	>9.8	13	—	1876	Schmidt
ST Sagittarii .	55.9	—12 54	7	< 10	—	1901	Fleming
Z Lyrae . . .	56.0	+34 49	*9*	*11*	290	1900	Williams
Nova Sagittarii	56.2	—13 18	*4.7*	< *15*	—	1899	Fleming
SU Sagittarii .	57.7	—22 51	—	—	—	1901	Fleming
RT Lyrae . .	57.8	+37 22	*10.6*	< *12.0*	240	1902	Williams
V Aquilae . .	59.1	— 5 50	6.5	8.0	Irr.	—	R

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Telescopii	19 0.1	—48 44	—	—	—	1901	Fleming
U Telescopii	0.5	—49 4	—	—	—	1901	Fleming
R Aquilae	1.6	+ 8 5	5.8	<12	350.6 +	1856	(Bonn)
Y Aquilae	2.3	+10 55	—	—	—	—	R
— Pavonis	2.0	—60 8	—	—	—	1897	Bailey
V Lyrae	5.2	+29 30	9.2	15.5	371	1895	Anderson
RW Sagittarii	8.1	—19 2	*9.7*	*11.1*	—	1896	Fleming
RX Sagittarii	8.7	—18 59	*9.9*	*13.3*	320?	1896	Fleming
X Lyrae	9.0	+26 36	8	10	—	1897	Espin
S Lyrae	9.1	+25 50	9.5	16	430	1893	Espin
RU Lyrae	9.1	+41 8	*11*	<*12*	R	1902	Williams
RS Lyrae	9.3	+33 15	10	<12	296?	1901	L. Ceraski
U Draconis	9.9	+67 7	9.0	13.5	334	1897	Anderson
W Aquilae	10.0	— 7 13	7.5	11.2	490?	1893	De Ball
RY Sagittarii	10.0	—33 42	6.5	<11.0	Irr.	1896	Markwick
T Sagittarii	10.5	—17 9	6.5	8.1	384	1863	Pogson
V Telescopii	10.6	—50 38	*9.2*	*10.6*	—	1901	Fleming
R Sagittarii	10 8	—19 29	6.9	11.2	268.7 +	1858	Pogson
RV Lyrae	12.5	+32 15	11.0	12.8	3.5 +	1902	Williams
TZ Cygni	13.4	+50 0	9	11	—	1901	Anderson
S Sagittarii	13.6	—19 12	9.1	14.5	230.6	1860	Pogson
Z Sagittarii	13.8	—21 7	8.5	<12	452	1888	Peters
U Sagittae	14.4	+19 26	6.5	9	3.3 +	1901	Schwab
Nova Aquilae	15.3	— 0 19	*7*	<*13*	—	1900	Fleming
U Lyrae	16.6	+37 42	8.3	<11	457	1894	Espin
T Sagittae	17.2	+17 28	8.3	9.9	165?	1886	Espin
RR Lyrae	22.3	+42 36	*7.2*	*8.1*	0.5 +	1901	Fleming
U Aquilae	24.0	— 7 15	6.2	6.9	7.0 +	1886	Sawyer
— Draconis	25.1	+76 23	—	—	—	1896	Backhouse
— Cygni	25.8	+45 50	—	—	—	—	R
UV Cygni	28.0	+43 26	7	9	—	1899	Deichmüller
— Sagittarii	28.6	—16 35	—	—	—	1901	Wells
TY Cygni	29.8	+28 6	*10*	<*14*	352	1900	Williams
U Vulpeculae	32.3	+20 7	6.8	7.5	7.9 +	1897	M. und K.
RT Aquilae	33.3	+11 29	9	<13	330	1897	Anderson
— Sagittarii	33.7	—31 10	—	—	—	1898	Bailey
R Cygni	34.1	+49 58	6.6	13.9	425.7	1852	Pogson
RV Aquilae	35.9	+ 9 42	9	<12	120?	1900	Anderson
TT Cygni	37.1	+32 23	*8.7*	*10.3*	—	1898	Wells
T Pavonis	39.5	—72 1	*7.6*	*12.1*	243	1896	Fleming
— Sagittarii	40.6	—41 26	—	—	—	1901	Fleming
RT Cygni	40.8	+48 32	*7*	*11.5*	191	1890	Fleming
SU Cygni	40.8	+29 1	6.2	7.0	3.8 +	1897	M. und K.
SY Cygni	42.7	+32 28	*10*	<*12*	6.0 +	1900	L. Ceraski
W Telescopii	43.1	—50 15	*9.3*	*13.1*	—	1901	Fleming
TU Cygni	43.3	+48 49	9	<13	218	1900	Hisgen
11 Vulpeculae	43.5	+27 4	3	?	—	1670	Anthelm
S Vulpeculae	44.3	+27 2	8.4	10.0	67.5	1862	Baxendell
X Aquilae	46.5	+ 4 12	*9.5*	<*12.3*	348	1894	Fleming
χ Cygni	46.7	+32 40	4.5	13.5	406.0 +	1686	Kirch
S Pavonis	46.8	—59 27	*8.0*	*9.6*	389	1894	Fleming
η Aquilae	47.4	+ 0 45	3.7	4.5	7.1 +	1784	Pigott
RR Sagittarii	49.7	—29 27	*7.5*	<*12.6*	338	1892	Fleming
S Sagittae	51.5	+16 22	5.5	6.1	8.3 +	1885	Gore
RU Sagittarii	51.8	—42 7	*9*	*13.1*	239	1891	Fleming
RR Aquilae	52.4	— 2 11	*8.4*	<*12.3*	399	1895	R
RS Aquilae	53.7	— 8 10	*10.0*	<*12.4*	—	1895	Fleming
S Telescopii	58.4	—55 50	*9*	*11*	—	1896	Kapteyn
Z Cygni	58.6	+49 46	7.1	13	265	1887	Espin

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Cygni	20 0.8	+36 32	8.0	9.2	—	1894	Espin
— Sagittarii	0.8	−27 31	—	—	—	1901	Fleming
X Pavonis	3.4	−60 14	*9.0*	*10.2*	—	1898	Fleming
S Cygni	3.4	+57 42	9.2	< 14.7	322.8 +	1860	(Bonn)
SW Cygni	3.8	+46 1	*9.0*	*11.7*	4.5 +	1899	Ceraski
R Capricorni	5.7	−14 34	8.8	< 13	345?	1848	Hind
SV Cygni	6.5	+47 35	8	9	Irr.	1886	Espin
RY Cygni	6.6	+35 39	8.5	9.5	—	—	R
S Aquilae	7.0	+15 19	8.4	11.8	146.7	1863	Baxendell
RW Aquilae	7.3	+15 46	8.4	9.2	7.8 +	1899	Parkhurst
R Telescopii	7.7	−47 18	*8.4*	*11.6*	372	1895	Fleming
RX Cygni	7.8	+47 31	7.5	8.3	Irr.?	1893	Deichmüller
RU Aquilae	8.0	+12 42	8.5	14.5	256?	1898	Anderson
RZ Sagittarii	8.5	−44 43	*9.0*	< *11.4*	—	1897	Stewart
W Capricorni	8.6	−22 17	10.2	< 14.7	207.7	1872	Peters
R Sagittae	9.5	+16 25	8.5	10.4	70.5 +	1859	Baxendell
RS Cygni	9.8	+38 28	6.7	8.4	Irr.	1887	Espin
Z Aquilae	9.8	− 6 27	8.8	13	130	1894	De Ball
R Delphini	10.1	+ 8 47	7.6	13.0	285.5	1851	Hencke
RT Sagittarii	11.1	−39 25	*7.7*	*10.7*	301	1890	Fleming
X Telescopii	11.2	−52 56	*10.5*	*12.9*	—	1901	Fleming
RT Capricorni	11.2	−21 38	*8.6*	*10.4*	—	—	R
SX Cygni	11.6	+30 46	9	14.5	—	1899	Anderson
Y Telescopii	12.9	−51 1	*8.1*	*9.7*	—	1901	Fleming
P Cygni	14.1	+37 43	3.5	< 6	—	1600	Janson
— Sagittae	15.8	+20 47	*9.5*	*11.5*	—	1902	L. Ceraski
U Cygni	16.5	+47 35	6.7	10.8	463.5 +	1871	Knott
UW Cygni	19.6	+42 55	10	12	3.4 +	1901	Williams
T Microscopii	21.8	−28 35	*7.4*	*8.4*	—	1896	Fleming
U Microscopii	22.6	−40 45	*8.5*	< *12.5*	325	1898	Fleming
RW Cygni	25.2	+39 39	7.7	10.5	—	1885	Espin
RU Capricorni	26.7	−22 2	9	< 12	353?	1901	Innes
— Delphini	28.1	+17 6	9	11	—	1902	L. Ceraski
SZ Cygni	29.6	+46 16	8	10	15.0 +	1900	Williams
ST Cygni	29.9	+54 38	9	14	344?	1898	Espin
TV Cygni	30.0	+46 13	9	10	—	1900	Köhl
W Delphini	33.1	+17 56	9.4	12.1	4.8 +	1895	Wells
R Microscopii	34.0	−29 9	*9.2*	< *11.7*	138.8	1894	Fleming
— Delphini	36.8	+11 30	—	—	—	1902	Anderson
V Cygni	38.1	+47 47	8.3	13.5	418	1881	Birmingham
S Delphini	38.5	+16 44	8.4	12.0	277.5	1860	Baxendell
Y Aquarii	39.2	− 5 12	8.8	< 13	379	1895	Becker
X Cygni	39.5	+35 14	6.0	7.0	16.3 +	1886	Chandler
T Delphini	40.7	+16 2	8.2	< 13	331.2	1863	Baxendell
U Delphini	40.9	+17 44	6.4	7.3	Irr.	—	R
W Aquarii	41.2	− 4 27	*8.8*	*9.6*	381	1891	Fleming
V Aquarii	41.8	+ 2 4	8.1	9.3	240	1891	De Ball
RR Cygni	42.6	+44 30	8.1	9.7	Irr.	1888	Espin
U Capricorni	42.6	−15 9	10.2	< 13	202.5 +	1857	Pogson
T Cygni	43.2	+34 0	—	—	—	1864	Schmidt
V Delphini	43.2	+18 58	*7.8*	< *12*	540	1891	Fleming
T Aquarii	44.7	− 5 31	*6.7*	13.0	203.3 +	1861	Goldschmidt
T Vulpeculae	47.2	+27 52	5.5	6.2	4.4 +	1885	Sawyer
U Pavonis	47.2	−63 5	*9.6*	< *12.2*	277	1896	Fleming
— Cygni	47.4	+45 50	*12*	*13*	—	1893	Wolf
Y Cygni	48.1	+34 17	7.1	7.9	1.4 +	1886	Chandler
RZ Cygni	48.5	+46 59	9.1	13	280?	1893	Espin
S Indi	49.0	−54 42	*8.4*	< *12.4*	405.7	1895	Fleming
X Delphini	50.3	+17 16	8	< 13	275?	1895	Anderson

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Telescopii	19 0.1	—48 44	—	—	—	1901	Fleming
U Telescopii	0.5	—49 4	—	—	—	1901	Fleming
R Aquilae	1.6	+ 8 5	5.8	<12	350.6+	1856	(Bonn)
Y Aquilae	2.3	+10 55	—	—	—	—	R
— Pavonis	2.0	—60 8	—	—	—	1897	Bailey
V Lyrae	5.2	+29 30	9.2	15.5	371	1895	Anderson
RW Sagittarii	8.1	—19 2	*9.7*	*11.1*	—	1896	Fleming
RX Sagittarii	8.7	—18 59	*9.9*	*13.8*	320?	1896	Fleming
X Lyrae	9.0	+26 36	8	10	—	1897	Espin
S Lyrae	9.1	+25 50	9.5	16	430	1893	Espin
RU Lyrae	9.1	+41 8	*11*	<*12*	R	1902	Williams
RS Lyrae	9.3	+33 15	10	<12	296?	1901	L. Ceraski
U Draconis	9.9	+67 7	9.0	13.5	334	1897	Anderson
W Aquilae	10.0	— 7 13	7.5	11.2	490?	1893	De Ball
RY Sagittarii	10.0	—33 42	6.5	<11.0	Irr.	1896	Markwick
T Sagittarii	10.5	—17 9	6.5	8.1	384	1863	Pogson
V Telescopii	10.6	—50 38	*9.2*	*10.6*	—	1901	Fleming
R Sagittarii	10 8	—19 29	6.9	11.2	268.7+	1858	Pogson
RV Lyrae	12.5	+32 15	11.0	12.8	3.5+	1902	Williams
TZ Cygni	13.4	+50 0	9	11	—	1901	Anderson
S Sagittarii	13.6	—19 12	9.1	14.5	230.6	1860	Pogson
Z Sagittarii	13.8	—21 7	8.5	<12	452	1888	Peters
U Sagittae	14.4	+19 26	6.5	9	3.3+	1901	Schwab
Nova Aquilae	15.3	— 0 19	*7*	<*13*	—	1900	Fleming
U Lyrae	16.6	+37 42	8.3	<11	457	1894	Espin
T Sagittae	17.2	+17 28	8.3	9.9	165?	1886	Espin
RR Lyrae	22.3	+42 36	*7.2*	*8.1*	0.5+	1901	Fleming
U Aquilae	24.0	— 7 15	6.2	6.9	7.0+	1886	Sawyer
— Draconis	25.1	+76 23	—	—	—	1896	Backhouse
— Cygni	25.8	+45 50	—	—	—	—	R
UV Cygni	28.0	+43 26	7	9	—	1899	Deichmüller
— Sagittarii	28.6	—16 35	—	—	—	1901	Wells
TY Cygni	29.8	+28 6	*10*	<*14*	352	1900	Williams
U Vulpeculae	32.3	+20 7	6.8	7.5	7.9+	1897	M. und K.
RT Aquilae	33.3	+11 29	9	<13	330	1897	Anderson
— Sagittarii	33.7	—31 10	—	—	—	1898	Bailey
R Cygni	34.1	+49 58	6.6	13.9	425.7	1852	Pogson
RV Aquilae	35.9	+ 9 42	9	<12	120?	1900	Anderson
TT Cygni	37.1	+32 23	*8.7*	*10.3*	—	1898	Wells
T Pavonis	39.5	—72 1	*7.6*	*12.1*	243	1896	Fleming
— Sagittarii	40.6	—41 26	—	—	—	1901	Fleming
RT Cygni	40.8	+48 32	*7*	*11.5*	191	1890	Fleming
SU Cygni	40.8	+29 1	6.2	7.0	3.8+	1897	M. und K.
SY Cygni	42.7	+32 28	*10*	<*12*	6.0+	1900	L. Ceraski
W Telescopii	43.1	—50 15	*9.3*	*13.1*	—	1901	Fleming
TU Cygni	43.3	+48 49	9	<13	218	1900	Hisgen
11 Vulpeculae	43.5	+27 4	3	?	—	1670	Anthelm
S Vulpeculae	44.3	+27 2	8.4	10.0	67.5	1862	Baxendell
X Aquilae	46.5	+ 4 12	*9.5*	<*12.3*	348	1894	Fleming
χ Cygni	46.7	+32 40	4.5	13.5	406.0+	1686	Kirch
S Pavonis	46.8	—59 27	*8.0*	*9.6*	389	1894	Fleming
η Aquilae	47.4	+ 0 45	3.7	4.5	7.1+	1784	Pigott
RR Sagittarii	49.7	—29 27	*7.5*	<*12.6*	338	1892	Fleming
S Sagittae	51.5	+16 22	5.5	6.1	8.3+	1885	Gore
RU Sagittarii	51.8	—42 7	*9*	*13.1*	239	1891	Fleming
RR Aquilae	52.4	— 2 11	*8.4*	<*12.3*	399	1895	R
RS Aquilae	53.7	— 8 10	*10.0*	<*12.4*	—	1895	Fleming
S Telescopii	58.4	—55 50	*9*	*11*	—	1896	Kapteyn
Z Cygni	58.6	+49 46	7.1	13	265	1887	Espin

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Cygni	20 0.8	+36 32	8.0	9.2	—	1894	Espin
— Sagittarii	0.8	−27 31	—	—	—	1901	Fleming
X Pavonis	3.4	−60 14	*9.0*	*10.2*	—	1898	Fleming
S Cygni	3.4	+57 42	9.2	< 14.7	322.8 +	1860	(Bonn)
SW Cygni	3.8	+46 1	*9.0*	*11.7*	4.5 +	1899	Ceraski
R Capricorni	5.7	−14 34	8.8	< 13	345 ?	1848	Hind
SV Cygni	6.5	+47 35	8	9	Irr.	1886	Espin
RY Cygni	6.6	+35 39	8.5	9.5	—	—	R
S Aquilae	7.0	+15 19	8.4	11.8	146.7	1863	Baxendell
RW Aquilae	7.3	+15 46	8.4	9.2	7.8 +	1899	Parkhurst
R Telescopii	7.7	−47 18	*8.4*	*11.6*	372	1895	Fleming
RX Cygni	7.8	+47 31	7.5	8.3	Irr. ?	1893	Deichmüller
RU Aquilae	8.0	+12 42	8.5	14.5	256 ?	1898	Anderson
RZ Sagittarii	8.5	−44 43	*9.0*	< *11.4*	—	1897	Stewart
W Capricorni	8.6	−22 17	10.2	< 14.7	207.7	1872	Peters
R Sagittae	9.5	+16 25	8.5	10.4	70.5 +	1859	Baxendell
RS Cygni	9.8	+38 28	6.7	8.4	Irr.	1887	Espin
Z Aquilae	9.8	− 6 27	8.8	13	130	1894	De Ball
R Delphini	10.1	+ 8 47	7.6	13.0	285.5	1851	Hencke
RT Sagittarii	11.1	−39 25	*7.7*	*10.7*	301	1890	Fleming
X Telescopii	11.2	−52 56	*10.5*	*12.9*	—	1901	Fleming
RT Capricorni	11.2	−21 38	*8.6*	*10.4*	—	—	R
SX Cygni	11.6	+30 46	9	14.5	—	1899	Anderson
Y Telescopii	12.9	−51 1	*8.1*	*9.7*	—	1901	Fleming
P Cygni	14.1	+37 43	3.5	< 6	—	1600	Janson
— Sagittae	15.8	+20 47	*9.5*	*11.5*	—	1902	L. Ceraski
U Cygni	16.5	+47 35	6.7	10.8	463.5 +	1871	Knott
UW Cygni	19.6	+42 55	10	12	3.4 +	1901	Williams
T Microscopii	21.8	−28 35	*7.4*	*8.4*	—	1896	Fleming
U Microscopii	22.6	−40 45	*8.5*	< *12.5*	325	1898	Fleming
RW Cygni	25.2	+39 39	7.7	10.5	—	1885	Espin
RU Capricorni	26.7	−22 2	9	< 12	353 ?	1901	Innes
— Delphini	28.1	+17 6	9	11	—	1902	L. Ceraski
SZ Cygni	29.6	+46 16	8	10	15.0 +	1900	Williams
ST Cygni	29.9	+54 38	9	14	344 ?	1898	Espin
TV Cygni	30.0	+46 13	9	10	—	1900	Köhl
W Delphini	33.1	+17 56	9.4	12.1	4.8 +	1895	Wells
R Microscopii	34.0	−29 9	*9.2*	< *11.7*	138.8	1894	Fleming
— Delphini	36.8	+11 30	—	—	—	1902	Anderson
V Cygni	38.1	+47 47	8.3	13.5	418	1881	Birmingham
S Delphini	38.5	+16 44	8.4	12.0	277.5	1860	Baxendell
Y Aquarii	39.2	− 5 12	8.8	< 13	379	1895	Becker
X Cygni	39.5	+35 14	6.0	7.0	16.3 +	1886	Chandler
T Delphini	40.7	+16 2	8.2	< 13	331.2	1863	Baxendell
U Delphini	40.9	+17 44	6.4	7.3	Irr.	—	R
W Aquarii	41.2	− 4 27	*8.3*	*9.6*	381	1891	Fleming
V Aquarii	41.8	+ 2 4	8.1	9.3	240	1891	De Ball
RR Cygni	42.6	+44 30	8.1	9.7	Irr.	1888	Espin
U Capricorni	42.6	−15 9	10.2	< 13	202.5 +	1857	Pogson
T Cygni	43.2	+34 0	—	—	—	1864	Schmidt
V Delphini	43.2	+18 58	*7.3*	< *12*	540	1891	Fleming
T Aquarii	44.7	− 5 31	*6.7*	13.0	203.3 +	1861	Goldschmidt
T Vulpeculae	47.2	+27 52	5.5	6.2	4.4 +	1885	Sawyer
U Pavonis	47.2	−63 5	*9.6*	< *12.2*	277	1896	Fleming
— Cygni	47.4	+45 50	*12*	*13*	—	1893	Wolf
Y Cygni	48.1	+34 17	7.1	7.9	1.4 +	1886	Chandler
RZ Cygni	48.5	+46 59	9.1	13	280 ?	1893	Espin
S Indi	49.0	−54 42	*8.4*	< *12.4*	405.7	1895	Fleming
X Delphini	50.3	+17 16	8	< 13	275 ?	1895	Anderson

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° '			d		
UX Cygni	20 50.9	+30 2	*9.7*	<*12*	—	1901	Williams
UY Cygni	52.3	+30 3	9.6	10.4	0.5 +	1902	Williams
RR Capricorni	56.4	—27 29	9	<10	240?	1896	(Cordoba)
TX Cygni	56.4	+42 12	8.5	10	14.7 +	1900	Williams
T Octantis	57.4	—82 30	*9.0*	<*12.5*	205	1895	Fleming
— Cygni	58.9	+40 54	—	—	—	1901	Dunne
R Vulpeculae	59.9	+23 26	7.5	12.1	136.9 +	1858	(Bonn)
— Cephei	21 0.4	+67 28	—	—	—	—	Perrine
RS Capricorni	1.7	—16 49	*8.1*	*9.3*	—	1898	Fleming
TW Cygni	1.8	+29 0	*9*	<*12*	347	1900	Williams
V Capricorni	1.8	—24 19	9	14?	157.1 +	1867	Peters
— Cygni	2.3	+45 23	*12.4*	*13.7*	1.4 +	1902	L. Ceraski
X Capricorni	2.8	—21 45	9.5	<16.2	218.1 +	1865	Pogson
X Cephei	3.6	+82 40	9.7	<17	486?	1898	Ceraski
Z Capricorni	5.0	—16 35	9	<13	392?	1885	Borrelly
RS Aquarii	5.8	— 4 27	9	<14	214	1898	Barnard
— Aquarii	7.3	—14 48	*8.4*	*9.3*	—	1898	Fleming
T Cephei	8 2	+68 5	5.1	10.5	387	1878	W. Ceraski
R Equulei	8.4	+12 23	8	<11	312	1900	Anderson
RR Aquarii	9.8	— 3 19	8	13	190.5	1899	Abetti
T Indi	13.6	—45 27	*7.2*	*8.9*	—	1898	Wells
X Pegasi	16.3	+14 2	8.5	13	204?	1898	Anderson
T Capricorni	16.5	—15 35	8.8	13.5	269.2	1854	Hind
— Cygni	18.5	+41 57	9	10	—	1901	Deichmüller
S Microscopii	20.8	—30 17	8.0	11.5	216.1	1896	Innes
— Pegasi	25.2	+11 44	—	—	—	1897	Bailey
Y Capricorni	28.9	—14 25	10	14?	206	1884	Peters
— Aquarii	28.3	— 1 16	—	—	—	1895	Bailey
W Cygni	32.2	+44 56	5.0	6.7	131.5	1885	Gore
— Capricorni	34.7	—23 38	—	—	—	1895	Bailey
UU Cygni	35.7	+42 45	—	—	—	1901	Colson
S Cephei	36.5	+78 10	7.9	13.1	484	1858	Hencke
RU Cygni	37.3	+53 52	7.5	9.2	443	1890	Espin
Q Cygni	37.8	+42 23	3	14.8	—	1876	Schmidt
SS Cygni	38.8	+43 8	8.4	12.0	Irr.?	1896	Wells
RV Cygni	39.1	+37 34	7.1	9.3	Irr.	1886	Safarik
RR Pegasi	40.0	+24 38	9	<12	—	1901	Anderson
μ Cephei	40.4	+58 19	4?	5?	Irr.	—	R
R Gruis	42.1	—47 22	*8.4*	*12.5*	334.8	1895	Fleming
UZ Cygni	55.2	+43 52	*8.9*	*11.6*	31.3 +	1902	Fleming
V Pegasi	56.0	+ 5 38	*8.2*	<*13.0*	308?	1895	Fleming
U Aquarii	57.9	—17 6	9.5	14?	258	1881	Peters
S Piscis Aust.	58.0	—28 32	8.7	<11	272	1891	Holetschek
— Pegasi	59.8	+34 38	9.5	10.8	R	1902	Anderson
T Pegasi	22 4.0	+12 3	8.5	<13	373	1863	Hind
— Octantis	5.7	—85 10	—	—	—	1901	Fleming
Y Pegasi	6.8	+13 52	9	<10	R	1900	Anderson
RS Pegasi	7.4	+14 4	8	<10	—	1902	Graff
R Piscis Aust.	12.3	—30 6	8.5	<11.5	292.5	1884	Gould
X Aquarii	13.2	—21 24	*8.4*	*11.6*	311	1895	Fleming
— Aquarii	16.5	— 8 7	—	—	—	1898	Fleming
RT Aquarii	17.7	—22 34	—	—	—	1901	Fleming
T Lacertae	17.9	+33 52	9	<12	—	1897	Deichmüller
T Gruis	19.8	—38 4	*8.6*	*11.0*	141	1896	Fleming
S Gruis	19.9	—48 57	*7.2*	*12.3*	410	1896	Fleming
T Piscis Aust.	20.5	—29 35	—	—	—	1901	Fleming
S Lacertae	24.6	+39 48	*9.5*	<*12.9*	233	1891	Fleming
δ Cephei	25.4	+57 54	3.7	4.6	5.3 +	1784	Goodricke
R Indi	28.9	—67 48	8	12.5?	209	1884	Gould

Name	R. A. 1900	Dez. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
W Cephei . .	22 32.6	+57 54	7.3	8.3	6.4 +	1885	Espin
R Lacertae . .	38.8	+41 51	8.4	< 13.5	299.8	1883	Deichmüller
U Lacertae . .	43.6	+54 38	8	—	—	1894	Espin
S Aquarii . .	51.8	—20 53	8	14.2	279.7	1853	Argelander
β Pegasi . . .	58.9	+27 32	2.2	2.7	Irr.	1847	Schmidt
— Pegasi . . .	59.2	+14 45	*8.8*	*< 12.6*	—	1901	Pickering
R Pegasi . . .	23 1.6	+10 0	7.5	13.2	380.0 +	1848	Hind
Y Sculptoris .	3.7	—30 40	*7.8*	*8.9*	Irr.	1896	Fleming
V Cassiopejae .	7.4	+59 8	7.1	12.4	229	1893	Anderson
W Pegasi . . .	14.8	+25 44	7.6	12.4	341 ?	1895	Anderson
S Pegasi . . .	15.5	+ 8 22	8.4	12.9	317.5	1864	Marth
RU Aquarii . .	19.2	—17 52	*8.3*	*< 9.4*	—	1901	Fleming
Z Andromedae .	28.8	+48 16	—	—	—	1901	Fleming
R Aquarii . .	38.6	—15 50	6.2	9.8	387.1 +	1811	Harding
Z Cassiopejae .	39.7	+56 2	9.5	15	—	1898	Anderson
Z Aquarii . .	47.1	—16 25	*8.2*	*9.3*	216 ?	1896	Fleming
ϱ Cassiopejae .	49.4	+56 56	—	—	—	1901	Wells
— Andromedae	50.3	+48 5	*9.3*	*9.8*	—	1898	Fleming
RR Cassiopejae	50.6	+53 10	9	11	147 ?	1900	Anderson
R Phoenicis . .	51.3	—50 21	7.4	12.0 ?	270	1884	Gould
V Cephei . . .	51.7	+82 38	6.2	7.1	360	1882	Chandler
R Tucanae . .	52.2	—65 56	*10.2*	*< 12.6*	275	1892	Fleming
V Ceti	52.8	— 9 31	8.5	14 ?	261	1879	Peters
U Pegasi . . .	52.9	+15 24	9.3	9.9	0.3 +	1894	Chandler
R Cassiopejae .	53.3	+50 50	5.8	12.8	429.5 +	1853	Pogson
S Phoenicis . .	53.9	—57 8	*7.2*	*8.7*	151.2	1895	Fleming
Z Pegasi . . .	55.0	+25 21	*9*	*< 11.5*	—	1901	Fleming
W Ceti . . .	57.0	—15 14	8.4	12.0	350	1894	Skinner
Y Cassiopejae .	58.2	+55 7	*9.8*	*< 13.4*	434 ?	1898	Fleming

Der Farbenwechsel von α Ursae. Der französischen astronomischen Gesellschaft zu Paris hat H. E. Lau eine Reihe von Beobachtungen eingesandt über die Farbe von α im großen Bären.[1]) Er bemerkt, daß vor einem Vierteljahrhundert Dr. Klein diesen Farbenwechsel in seinen Beobachtungen erkannt und die Periode desselben auf 36 Tage festgestellt habe. Diese Schlüsse seien durch zahlreiche Beobachtungen von W. Weber (zu Peckeloh) an einem Refraktor von 70 *mm* Öffnung bestätigt worden. Nach diesem letztern Beobachter schwanke die Färbung von α Ursae regelmäßig zwischen gelblichweiß und feuerrot. Dieses Ergebnis habe jedoch Widerspruch gefunden, und u. a. Safarik behauptet, die Farbenänderung sei nicht vorhanden, auch ständen die Beobachtungen Webers sehr häufig in völligem Widerspruche mit denjenigen, welche am Observatorium zu Odder Prof. Koehl erhalten habe; es handle sich lediglich um eine physiologische Erscheinung. Um diese Frage zu entscheiden, habe Dr. von Konkoly, der in bezug auf den behaupteten Farbenwechsel etwas skeptisch war, am Kolorimeter der Stern-

[1]) Bulletin de la Société astronomique de France 1903 Mars p. 129.

warte O-Gyalla eine Reihe von Messungen veranlaßt, welche deutlich einen regelmäßigen Farbenwechsel erkennen ließen und die Periode desselben zu 54.5 Tagen ergaben. Nachdem H. E. Lau diese Beobachtungen in den Annalen der Sternwarte O-Gyalla kennen gelernt hatte, untersuchte er seine eigenen Farbenschätzungen des Sternes α Ursae. Diese sind an dem Fraunhoferschen Äquatorial von $3^1/_2$ Zoll Objektivöffnung der Sternwarte zu Kopenhagen bei 100facher Vergrößerung angestellt worden. Unter den 4000 Beobachtungen über die Farben der Fixsterne, welche Lau in seinen Beobachtungsregistern niedergelegt hat, fanden sich etwa zwanzig von α Ursae, die sich über zwei der angenommenen Perioden desselben erstrecken. Um diese Schätzungen auf Ziffern zu bringen, hat Lau folgende Skala angewandt: Weiß = 0, gelblichweiß = 1, gelblich = 2, gelb = 3, topasgelb = 4, orange = 5, rötlichgelb = 6, gelbrot = 7, rotgelb = 8, gelblichrot = 9, rot = 10. Unter den gleichzeitig mit α Ursae beobachteten Sternen fand er einige, die sehr geeignet erschienen, den Einfluß der jeweiligen persönlichen Auffassung in bezug auf die Farbenschätzung zu korrigieren. Es sind folgende: β Ursae minoris (Farbe im Mittel = 5.0) ζ Aurigae (Farbe = 6.3), ι Aurigae (Farbe = 5.2), α Tauri (Farbe = 5.9), β Geminorum (Farbe = 3.8). Die auf diese Weise gewonnenen Korrektionen belaufen sich bis zu $\pm$ 0.8 Einheiten der Farbenskala, Folgendes sind diese von Lau ermittelten korrigierten Farbenzahlen für α Ursae:

1902		Farbenskala
Januar	5	3.6
	11	3.9
	13	4.1
	15	2.8
	20	3.8
Februar	13	5.3
	21	4.3
März	11	3.1
	12	3.4
	22	3.1
	24	5.0
	25	5.7
	27	3.7
April	7	3.9
	8	5.7
	10	4.6
	14	3.5
	15	4.3

Indem er diese Daten durch eine Kurve darstellt, findet Lau, daß ein Minimum um den 20. Januar, ein anderes am 11. März, ein Maximum der Farbe dagegen am 11. Februar und gegen den 2. April stattgefunden habe. Hiernach schätzt er die Dauer der

Periode zu etwa 50 Tagen und die Farbe wechselnd zwischen gelb (2.8) und gelbrötlich (5.4). Diese geringe Veränderung im Farbentone, sagt, Lau, zeigt, daß Weber die Veränderung übertrieben hat, außerdem ist sie wegen ihres kleinen Betrages sehr schwer aufzufassen und würde den meisten Beobachtern entgehen, weshalb auch die entgegengesetzten Ansichten darüber verlautet sind.

Dr. C. Wirtz veröffentlichte ebenfalls Beobachtungen über den Farbenwechsel von α Ursae.[1]) Dieselben sind in den Jahren 1893 bis 1895 mit großer Sorgfalt angestellt worden und ergaben mit zweifelloser Sicherheit eine Periode des Farbenwechsels, deren Dauer im Mittel 41.1 Tage beträgt. Das Maximum der Farbe (rötliches Licht) tritt 22.8 Tage vor dem Minimum (gelblichrötliches Licht) ein. »Nimmt man«, sagt Dr. Wirtz, »die Konstanz der Periode an, so drängt sich zur Erklärung des Farbenwechsels die ungezwungene, kosmogonisch plausible Hypothese auf, daß ein fast bis zur Rotglut abgekühlter Begleiter den noch hellgelb glänzenden Hauptstern in 41^d umkreist. Träfe dies zu, so dürften wir aber auch einen dem Farbenwechsel parallel gehenden Lichtwechsel erwarten, und zwar in einer Weise, wie wir ihn bei β Lyrae kennen. Eine einfache Überlegung lehrt nämlich, daß der Zusammenhang zwischen Farbe und Helligkeit wie folgt sich verhalten müsse: dem Minimum der Färbung entspräche ein Minimum des Lichtes, letzteres stiege bei mittlerer Färbung zu einem ersten Maximum an, sänke bei langsam zunehmender Rotfärbung auf ein sekundäres Minimum herab, erhöbe sich dann mit aufhellender Farbe wieder zu einem dem ersten gleichen Maximum, um endlich wieder im Minimum der Färbung ein Minimum der Helligkeit zu erreichen.«

Die Helligkeitsbeobachtungen über die Nova Persei 1901. Das Harvardobservatorium veröffentlicht eine sehr vollständige Zusammenstellung und Diskussion der über diese Nova bekannt gewordenen Helligkeitsbeobachtungen.[2]) Dieselben wurden soviel als möglich sämtlich auf die gleiche Skala reduziert und dabei die Größenklassen, welche mit dem Meridianphotometer der Harvardsternwarte erhalten sind, adoptiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Tabellen niedergelegt und in einer graphischen Darstellung der Lichtkurve des Sternes, welche auf Tafel III in verkleinertem Maßstabe reproduziert ist. Die horizontalen Ziffern 5400 bis 6100 geben das Datum nach der sogenannten Julianischen Periode unter Fortlassung der konstanten Ziffer 2410000, und zwar entspricht die Zahl 5400 dem 15. Januar 1901, 5600 dem 3. August 1901 usw. Die vertikalen Ziffern 1—11 bezeichnen die Helligkeitsklassen der Nova zu der betreffenden Zeit. Die Untersuchung

---

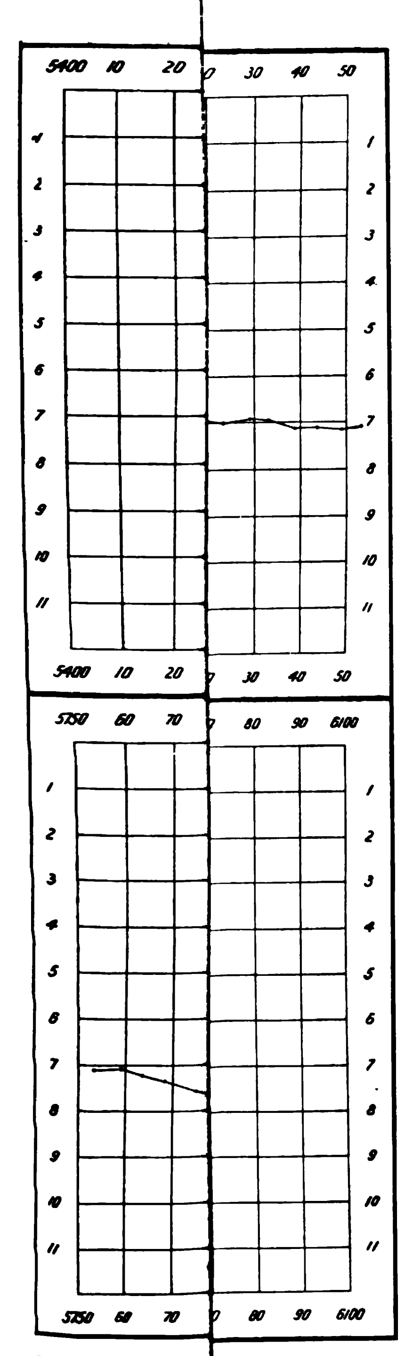
[1]) Sirius 1903 p. 193.
[2]) Annals of Harvard Coll. Observatory 48. Nr. II.

dieser Helligkeitskurve lehrt, daß die Nova von der Unsichtbarkeit am 19. oder 20. Februar 1901 mindestens zu Größe 2.7 angestiegen war, als Dr. Anderson sie am 21. Februar zuerst sah. Am nächsten Tage war sie 0.9 Größe, und am 23. Februar hatte der Stern seine größte Helligkeit erreicht. Sogleich begann jetzt die Lichtabnahme um etwa 0.5 Größenklasse täglich bis zum 28. Februar, von wo ab der Betrag sich verminderte. Die merkwürdigen Schwankungen in Zu- und Abnahme der Helligkeit, denen der Stern während der Epochen 5455—5565 unterlag, sind in der abgebildeten Lichtkurve deutlich zu erkennen.

Untersuchungen von Prof. Barnard ergaben bis Ende Januar 1902, daß am Yerkesrefraktor die Nova Persei in der gleichen Stellung des Okulars wie jeder andre Stern am schärfsten erschien. Nachdem die Nova aus den Strahlen der Sonne herausgekommen und seit Juli 14 wieder beobachtet werden konnte, hat Prof. Barnard seine Versuche wieder aufgenommen, konnte aber auch am 29. August mit Sicherheit keinen Unterschied finden, obgleich ein solcher vielleicht angedeutet war. Die Farbe des Sternes war jetzt blaßweiß, während sie früher als grünlich- oder bläulichweiß bezeichnet worden war. Auch im September erschien der Stern meist blaßweiß, am 6. Oktober aber bläulichweiß. War das Fernrohr an diesem letztern Tage für einen gewöhnlichen Stern eingestellt, so war die Nova deutlich nicht am schärfsten, sondern außerhalb des Brennpunktes, sie erschien als Scheibchen mit einem hellen Punkte in der Mitte, ähnlich wie die Nova Aurigae in der letzten Hälfte des Jahres 1892. Am 6., 7. und 9. Oktober wurden sorgfältige Einstellungen gemacht, und es ergab sich, daß der Brennpunkt für die Nova durchschnittlich 0.22 Zoll (5.6 *mm*) entfernter lag als derjenige für die sonstigen Sterne. Es hatte also eine Änderung dahin stattgefunden, daß sich das Licht der Nova jetzt wie dasjenige eines planetarischen Nebels verhielt. Wahrscheinlich datiert diese Veränderung aus einer Zeit um den 29. August des Jahres.

Prof. C. Pickering macht[1]) darauf aufmerksam, daß P. Zwack vom Georgetown-College-Observatorium bereits vor mehr als einem Jahre seine Aufmerksamkeit auf einen lichtschwachen Stern gelenkt habe, der auf einer der frühern Photographien der Harvardsternwarte so nahe an dem Orte der heutigen Nova im Perseus erscheint, daß sorgfältige Messungen erforderlich sind, um zu entscheiden, ob er nicht völlig genau an diesem Orte stand. Prof. Pickering hat nun Photographien aus den Jahren 1890, 1891, 1893, 1894, 1897 und 1900 nach diesem Sternchen untersucht und gefunden, daß dasselbe auf diesen in verschiedenen Helligkeiten von 13. bis zur 14. Größe vorkommt, und daß sein Ort bis auf 1 oder 2 Bogensekunden genau mit dem Orte der heutigen Nova am Himmel übereinstimmt. Dieses

[1]) Harvard Obs. Circular Nr. 66.



Ed. Hch. Mayer, Leipzig.

Jahrbuch XIV, 1904.
Tafel III.

Sternchen ist überdies identisch mit einem solchen, welches M. Blajko auf einer am 30. Januar 1897 erhaltenen Photographie sehr nahe bei dem Orte der heutigen Nova entdeckte, das aber in einem 15-zolligen Refraktor gegenwärtig unsichtbar ist. Aus allem ergibt sich, daß während mehrerer Jahre ein Stern, dessen Licht zwischen 14. und 15. Größe schwankte, so nahe am Orte der heutigen Nova Persei sich befand, daß es unentschieden bleiben muß, ob seine Position überhaupt von derjenigen der letztern verschieden war oder nicht. Nach einer Angabe von E. E. Barnard[1]) war die Nova zwischen dem 9. und 16. September 1902 nur noch 9.8 Größe und von blaßweißer Farbe.

Das Spektrum des Nebels um die Nova Persei. Auf der Lickstemwarte ist der Croßleyreflektor in Verbindung mit einem Spektroskop, dessen Prisma und Linsen aus Quarz bestehen, benutzt worden zum Versuche einer photographischen Aufnahme des Spektrums des genannten Nebels. Es wurde durch Aufnahmen am 31. Oktober, 1., 2. und 4. November 1902, die zusammen einer Exponierung von mehr als 34 Stunden entsprechen, ein Negativ erhalten von der mit D bezeichneten hellsten Stelle des Nebels. Das Negativ zeigt ein sehr schwaches kontinuierliches Spektrum, dessen Hauptteil zwischen den Linien $H\beta$ und $H\gamma$ liegt. Dieses Band ist am hellsten etwas oberhalb $H\beta$ und nimmt stufenweise ab, bis es in der Gegend der Kalziumlinien H und K unsichtbar wird. Andeutungen von ein oder zwei hellen Linien sind vorhanden, aber das ganze Spektrum ist so schwach, daß sich darüber nur Vermutungen gewinnen lassen. Wie C. D. Perrine bemerkt[2]) ergibt sich wenigstens, daß die in Rede stehende Nebelmasse nicht das gewöhnliche Spektrum der Nebelflecken (aus hellen Linien bestehend) zeigt.

Die Nova Geminorum 1903. Eine von Prof. Turner am 16. März aufgenommene Photographie eines Teiles des Sternbildes der Zwillinge zeigte in α 6^h 37.8^m und $\delta + 30^0$ 2′ einen Stern 7. Gr., der in keinem bisherigen Sternkataloge enthalten und daher eine Nova ist. Photographische Aufnahmen in Greenwich am 26., 27. und 29. März zeigen den Stern in abnehmendem Lichte und völlig nebelfrei. Die spektroskopischen Aufnahmen in Cambridge (England) durch Prof. Newall ergaben ein Spektrum mit hellen und dunklen Linien, ähnlich demjenigen früherer neuer Sterne.

Prof. John G. Hagen S. J., Direktor des Georgetown-College-Observatoriums, hat ähnlich wie früher für die Nova im Perseus so auch für die jetzige Nova in den Zwillingen, Karten und Kataloge der umgebenden Sterne entworfen, welche die Mittel zu genauen Hellig-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3829.

[2]) Bull. Astr. Soc. Pacific Nr. 88.

keitsvergleichungen liefern. Der Ort der Nova wird von ihm (für 1900.0) wie folgt angegeben:

$$AR\ 6^h\ 37^m\ 49.0^s,\ D + 30^0\ 2.6'.$$

Die telegraphische Nachricht von der Entdeckung des neuen Sternes in den Zwillingen erreichte am 27. März die Yerkessternwarte, und noch an dem nämlichen Abende wurde die Nova am 40-zolligen Refraktor dort beobachtet.[1]) Der Stern erschien augenfällig rot, und zwar, wie eine spektroskopische Besichtigung sogleich ergab, infolge der großen Intensität der Hα-Linie. Daneben waren verschiedene helle Linien in Gelb und Blau sichtbar auf dem Hintergrunde eines schwachen kontinuierlichen Spektrums. Die Umgebung der Nova war am 21. Februar mit dem 2-füßigen Reflektor photographiert worden, um einen nahestehenden veränderlichen Stern aufzunehmen, jetzt wurde die damals erhaltene Platte nachgesehen und am Orte der Nova ein Stern etwas heller als 15. Gr. gefunden, der entweder mit der Nova identisch ist oder ihr innerhalb 3″ nahe steht. Am 28. und 29. März wurde diese Stelle mit dem 2-füßigen Reflektor wieder aufgenommen mit einer Gesamtexposition von $8\,{}^3/_4$ Stunden. Die äußern Verhältnisse waren gut, doch zeigt sich keine Spur von Nebel um oder bei dem neuen Sterne. Prof. Barnard hat am 27. und 30. März den Ort der Nova bestimmt durch mikrometrischen Anschluß an einen Stern der Bonner Durchmusterung und findet (für 1900.0) $AR = 6^h\ 37^m\ 48.99^s$ $D = + 30^0\ 2'\ 39.3''$. Helligkeitsschätzungen ergaben die Nova am 4. April als 9. Gr.

Die photographische Aufnahme des Spektrums der Nova zeigt ein sehr helles Band zwischen den Wellenlängen λ 4598 und 4696 (Mitte desselben bei λ 4647) und die starke Hβ-Linie von λ 4839 bis 4886 (Mitte bei λ 4862). Außerdem zeigen sich zwei schmale helle Maxima nahe der weniger brechbaren Seite der Linie Hβ bei λ 4877 und 4882. Am weniger brechbaren Ende der Platten erscheinen zwei ziemlich starke Banden, eine von λ 5647—5685 (Mitte bei λ 5666), die andre von λ 5729—5775 (Mitte bei 5752). Die minder brechbare dieser Linien ist an der violetten Seite scharf abgeschnitten, so daß man dort eine dunkle Linie vermuten könnte. Die Linie Hγ ist als sehr feines Band sichtbar, das mit einem hellen Bande von λ 4347—4371 (Mitte λ 4359) verschmilzt. Das Spektrum der Nova entspricht denjenigen der neuen Sterne im Perseus und Fuhrmann in den spätern Stadien ihrer Entwicklung. Prof. Edw. Pickering berichtet,[2]) daß nach photographischen Aufnahmen auf der Harvardsternwarte die Nova vom 17.—21. April einen Helligkeitszuwachs zeigte, indem die photographische Größe derselben von 9.06 auf 8.80 zunahm, dann sank sie wieder bis zur 9.8 Größe. Am

[1]) Yerkes-Observatory Bulletin Nr. 19.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3867.

Abende des 1. Mai schien die Nova fast $^1/_2$ Größenklasse heller als 24 Stunden vorher, nämlich 9.3 Gr.

Auf der Lickssternwarte konnte wegen ungünstiger Witterung die Untersuchung der Nova erst am 1. April beginnen.[1]) An diesem Tage wurden mit dem Croßleyreflektor bei Expositionen von 1 Minute bis 106 Minuten vier photographische Negative erhalten. Diese Aufnahmen zeigen, daß die Nova ungeachtet ihrer rötlichen Farbe reich an aktinischen Strahlen ist. Bei Schätzung der Helligkeit mit bloßem Auge fand sich die Nova 0.1—0.2 Größenklasse heller als ein benachbarter Stern, der in der Bonner Durchmusterung zu 8.6 Gr. angegeben ist. Die genaueste Untersuchung der Platten ließ keine Spur von Nebeligkeit um dieselbe erkennen, wie solche bei der Nova im Perseus sichtbar war, was an und für sich nicht überraschen kann, wenn man erwägt, wie viel heller diese war als die jetzige Nova in den Zwillingen. Es wurde auf der Licksternwarte beabsichtigt, eine Aufnahme mit 4 oder 5 Stunden langer Exponierung auszuführen, ein Plan, der aber leider durch anhaltend schlechtes Wetter vereitelt wurde.

Die Position der Nova ergab sich aus der Photographie am Croßleyreflektor, auf der außer der Nova noch 13 Sterne sich befanden, deren Orte anderweitig bekannt sind, im Mittel (für 1903.0):

$$\text{Rekt. } 6^h\ 38^m\ 0.5^s, \text{ Dekl. } +30^0\ 2'\ 28.7''.$$

Auf den Platten erscheinen innerhalb eines Kreises von 2′ Durchmesser um die Nova 11 Sterne von 9.4—15. Gr., von denen einer ein Doppelstern ist.

Das Spektrum der Nova wurde zunächst am Croßleyreflektor mit dem kleinen spaltlosen Spektrographen aufgenommen, und zwar 6 Negative in der Nacht des 2. April mit Expositionen von 10 Sekunden bis zu 19 Minuten. Mit 30 Sekunden Exponierung erschienen die stärkern Linien recht schwach, 5 Minuten Expositionsdauer gaben dagegen ein gutes Negativ. Das Spektrum zeigte sich bestehend aus hellen Linien und Banden, die einem kontinuierlichen Spektrum überlagert sind, und ausgedehnt von der Linie $H\beta$ bis zur Wellenlänge λ 335. Im allgemeinen Aussehen ist es ähnlich dem Spektrum der Nova im Perseus, wie dieses im April 1901 von Campbell und Wright mit dem Millsspektrographen erhalten wurde, in demjenigen Teile nämlich, wo die beiden Instrumente vergleichbare Bilder geben. Da keine Aufnahmen des ultravioletten Spektrums der Nova im Perseus aus der Zeit vor September 1901 vorhanden sind, als der Stern keinen Nebel zeigte, so ist das frühere Verhalten der Spektrallinien λ 339 und λ 346 unbekannt. Im Spektrum der Nova in den Zwillingen zeigen sich diese Linien in den obigen Aufnahmen noch nicht, doch ist das Spektrum an den betreffenden Stellen entschieden

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 37.

kräftiger. Wenig Ähnlichkeit zwischen dem Spektrum der Nova Persei im September 1901 und dem obigen Spektrum der Nova Geminorum zeigt sich in der Region oberhalb der Linie H δ, auch ist die Hauptnebellinie bei λ 501 im letzten Spektrum nicht zu sehen, während sie in jenem der Nova Persei sehr deutlich war. Es ist wahrscheinlich, daß diese Unterschiede beider Spektra von dem verschiedenen Stadium der Entwicklung beider Sterne zur Zeit der Aufnahme herrühren, und daß, sobald die Nova Geminorum das Nebelstadium erreicht hat, ihr ultraviolettes Spektrum mehr und mehr mit dem der Nova Persei übereinstimmen wird.

Am 3., 5., 6. und 8. April wurden weitere Spektrogramme erhalten. Ein Vergleich der Aufnahme vom 2. mit derjenigen vom 8. April zeigt, daß innerhalb dieser 6 Tage Veränderungen im Charakter des Spektrums stattgefunden hatten. Die bemerkenswertesten derselben sind im ultravioletten Teile erkennbar, wo das kontinuierliche Spektrum schwächer geworden war. und folglich die Banden λ 350, 374 und 384 deutlicher hervortraten. Ferner sind Anzeichen vorhanden über die Entwicklung der Linien bei λ 389 und 346; unterhalb der Linie H δ scheint dagegen keine merkliche Änderung im Aussehen des kontinuierlichen Spektrums eingetreten zu sein. Die Linie H β war dagegen schwächer geworden, und Spuren von Erhellung zeigen sich in der Region der Hauptnebellinie. Die Untersuchung des Spektrums mit bloßem Auge zeigte die Linie H α stets sehr augenfällig, und eine Zunahme der Helligkeit dieses Spektrums in dem gelben Teile nahe der Natriumlinie wurde festgestellt. Die optische Helligkeit der Nova nahm vom 1.—8. April langsam ab, sie war am letzten Tage 8.6 Gr. Eine am 18. April erhaltene spektrographische Aufnahme zeigte keine weitern Änderungen. Am 26. April wurden 2 Aufnahmen erhalten, davon eine mit 1^h Exponierung. Dieses Negativ zeigt eine Linie von der Wellenlänge λ 501, wahrscheinlich die Hauptnebellinie. Eine am 11. Mai unter ungünstigen Umständen erhaltene Aufnahme zeigt gleichwohl die Hauptnebellinien deutlicher als die frühere Aufnahme. Die Nova war an diesem Abende etwa 9.5 Gr. Die vorstehend mitgeteilten Untersuchungen sind von C. D. Perrine ausgeführt worden.

Die Nachforschung in dem photographischen Materiale der Harvardsternwarte ergab,[1]) daß die Gegend der Nova 1903 März 1 15^h 3^m m. Gr. Zt. aufgenommen worden war, daß aber diese Platte, welche Sterne 11.9 Gr. enthält, keine Spur der Nova zeigt. Ebensowenig findet sich solche auf 16 Platten zwischen dem 3. März 1890 und dem 28. Februar 1903, obgleich alle diese Platten Sterne bis unter 12. Größe enthalten. Eine Platte aufgenommen 1903 März 2 13^h 19^m zeigt Sterne 9. Größe, aber von der Nova nichts. Die nächstfolgende Platte ist vom 6. März 14^h 28^m und stellt die Nova als Stern

---

[1]) Harvard-Observatory Circular Nr. 70.

5.6 Größe dar. In den darauf folgenden Nächten des 11., 12., 13., 14. und 15. März zeigt die Nova auf den Platten langsame Lichtabnahme auf 6.8, 7.1, 7.15, 7.3, 7.4 Größe. Das Spektrum zeigt sich ähnlich dem der Nova Sagittarii am 19. April 1898. Nach den Beobachtungen von Barnard[1]) war die Nova Ende April bereits zur 10. Größe herabgesunken, stieg dann aber wieder etwas, um vom 18. Mai ab abermals die 10. Größe zu erreichen.

Ein Verzeichnis von 100 neu entdeckten und vermessenen Doppelsternen veröffentlicht W. J. Hussey.[2]) Es ist der 6. Katalog der von ihm am 12- und 36-zolligen Refraktor der Lick-sternwarte entdeckten Doppelsterne, Die Distanzen der Begleiter vom Hauptstern sind sämtlich geringer als 5″. Besonders interessant ist der Stern Nr. 507 als ungewöhnlicher dreifacher Stern. Sein Ort am Himmel (für 1900.0) ist:

$$\text{AR } 0^h\ 22^m\ 21^s,\ \text{D} + 48^0\ 28.2';$$

der Hauptstern A ist 9.3, die Begleiter sind: B 9.5, C 9.8 Gr. Hussey gibt folgende Messungen (für 1902.75):

	d	p
AB	d = 1.55″	p = 130.3°
BC	1.47	243.6
AC	1.61	183.7

Einen ähnlichen dreifachen Stern hat Hussey noch nicht gesehen; die Helligkeit der Komponenten ist nahezu gleich, und sie bilden fast ein gleichseitiges Dreieck.

Der Stern Nr. 580 des Verzeichnisses (ι Serpentis) in

$$\text{AR } 15^h\ 37^m\ 6^s;\ \text{D} + 19^0\ 59.5'$$

besteht aus 2 Sternen 5.0 Gr. von nur 0.21″ Distanz; nur die allergrößten Refraktore können die Duplizität zeigen. Das Paar ist ähnlich δ Equulei und $\varkappa$ Pegasi, den beiden Systemen mit dem raschesten Umlauf ihrer Begleiter.

Der Struvesche Doppelstern OΣ 128 (AR $5^h\ 56^m\ 33^s$, D + 51^0 34.6′) zeigte den Begleiter selbst doppelt (9.0 und 10,0 Gr.), 1902.76: d = 0.52″ p = 339.5°. Die Hauptkomponente des Struveschen Doppelsternes Σ 608 in

$$\text{AR } 4^h\ 50^m\ 6^s;\ \text{D} + 51^0\ 56.2'$$

erwies sich ebenfalls doppelt (8.5 und 8.7 Gr.). Die Messungen (1902.71) ergaben: d = 0.16″, p = 309.6″.

Der Herschelsche Doppelstern h 3196 in

$$\text{AR } 23^h\ 24^m\ 40^s,\ \text{D} - 21^0\ 7{,}6'$$

zeigte den Hauptstern doppelt (8.5 und 8.8 Gr.), die Messungen (1901.44) ergaben: d = 0.40″ p = 85.4°. Der Herschelsche Begleiter hat gegen den Hauptstern folgende Position (1900.776) d = 20.74″ p = 19.6°.

---

[1]) Astrophys. Journal 1903. p. 376.

[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 27.

Messungen von 117 neuen Doppelsternen an dem 12- und dem 36-zolligen Refraktor der Lickstern warte veröffentlicht B. G. Aitken.[1]) Was die Distanzen des Begleiters betrifft, so verteilen sich dieselben in folgender Weise:

0.25" oder weniger	8	Sterne
0.26" bis 0.50"	24	"
0.51 " 1.00	28	"
1.01 " 2.00	29	"
2.01 " 5.00	28	"

Mit nur wenigen Ausnahmen sind die Hauptsterne dieser Paare unter 8. Größe. Von hellen Sternen ist 83 Aquarii (A.R. $22^h\ 59^m\ 57^s$ D — $8^0\ 14'$ für 1900.0) bemerkenswert. Dieser besteht hiernach aus 2 Sternen je 6. Größe in folgender Position $p = 61.0^0$ $d = 0.19''$ 1902.64.

Die Bahn von ξ Bootis ist von W. Doberck neu berechnet worden,[2]) nachdem die früher (1888) abgeleitete Bahn die beobachteten Distanzen gegenwärtig nicht mehr genügend darstellt. Die Beobachtungen, auf welche die neue Rechnung sich stützt, umfaßt den Zeitraum von 1820—1900 und führten auf folgende Bahnelemente:

$\Omega = 183^0\ 8'$ P = 140.84 Jahre
$\lambda = 314^0\ 6'$ T = 1907.10 "
$\gamma = 46^0\ 8'$ a = 1.5115"
e = 0.6163 Bewegung: rückläufig

Die Bahn des Doppelsternes ε Hydrae. Dieser Stern 3.8 Gr. hat, wie F. W. Struve früher gefunden, einen Begleiter 7.8 Gr. in 3.5" Distanz (Σ 1273). Schiaparelli entdeckte 1888, daß der Hauptstern für sich doppelt ist und aus 2 Sternen 4.5 und 5. Gr. besteht, die nur 0.2" voneinander entfernt sind. Die Messungen, die Burnham in den Jahren 1888—1892 ausgeführt, zeigten, daß dieser Begleiter seinen Positionswinkel in diesen 4 Jahren um 40^0 änderte, und fernere Messungen auf der Lickstern warte ergaben bis 1900 sogar eine Stellungsänderung bis zu 150^0. Im Jahre 1901 konnte Aitken auch am 36-Zoller der Lickstern warte den Stern nur einfach und rund sehen, aber im darauffolgenden Jahre und ebenso 1903 bot die Messung keine Schwierigkeiten dar. Auf Grund sämtlicher Messungen findet Aitken jetzt,[3]) daß die Umlaufsdauer des Begleiters nur 15.7 Jahre beträgt, als Zeit des Periastrums 1901.1, als halbe große Achse der scheinbaren Bahn 0.24" und als Exzentrizität 0.685. Diese Ergebnisse können aber nur als provisorische betrachtet werden. Die beiden Komponenten sind nach Aitken in Helligkeit um 2 Größenklassen verschieden. Der Struvesche Begleiter hat seine Position seit 1830 um 38^0 geändert, während

---

[1]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 29.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3900.
[3]) Publ. Astron. Soc. of the Pacific 1903. Nr. 89. p. 85. Lick-Observatory Bulletin p. 36.

sein Abstand vom Hauptsterne unverändert blieb. Sonach ist er also mit diesem physisch verbunden, und ε Hydrae bildet optisch ein dreifaches System. Die neuesten spektroskopischen Untersuchungen des Hauptsternes zeigen, daß dessen radiale Geschwindigkeit (in der Gesichtslinie zur Erde) veränderlich ist, vermutlich in verhältnismäßig langer Periode. Es ist von Interesse, daß die Platten, welche die größte Geschwindigkeit (+ 43 *km* in der Sekunde) anzeigen, erhalten wurden, als der innerste optische Begleiter nahe in der Linie der Knoten stand, während die Platten mit der geringsten Geschwindigkeit (+ 28 *km*) erhalten wurden, nachdem derselbe einen Bogen von 180° beschrieben hatte und wieder nahe der Knotenlinie stand. Dies macht wahrscheinlich, daß der Hauptstern und sein sichtbarer Begleiter identisch ist mit dem spektroskopischen Doppelsterne, doch müssen weitere Beobachtungen abgewartet werden, ehe diese Tatsache als sicher betrachtet werden kann.

Die radialen Geschwindigkeiten von 20 Sternen mit Spektren des Oriontypus wurden auf der Yerkessternwarte mit dem Brucespektrographen bestimmt.[1]) Obgleich diese Spektra den Messungen große Schwierigkeiten entgegensetzen, sind die erhaltenen Resultate doch recht gut übereinstimmend. Zu den Messungen wurden Spektrallinien des Heliums, Sauerstoffs, Siliciums, Stickstoffs, Wasserstoffs und Magnesiums benutzt. Die für die einzelnen Sterne erhaltenen Resultate sind folgende in Kilometern pro Sekunde:

Stern	km	Stern	km
γ Pegasi	+ 5.4	ε Can. maj.	+ 27.2
ζ Cassiopeiae	+ 2.9	η Leonis	+ 3.5
ε Cassiopeiae	— 5.9	γ Corvi	— 7.0
ζ Persei	+ 22.1	τ Herculis	— 12.7
β Orionis	+ 20.7	ζ Draconis	— 14.4
γ Orionis	+ 18.0	ι Herculis	— 16.4
ε Orionis	+ 26.7	67 Ophiuchi	— 3.1
ζ Orionis	+ 18.3	102 Herculis	— 10.8
κ Orionis	+ 17.1	η Lyrae	— 9.1
β Can. maj.	+ 32.6	ε Delphini	— 26.2

Ein Stern mit großer Radialbewegung ist nach H. M. Reese φ^2 Orionis ($\alpha = 5^h\ 31^m\ \delta = +9^0\ 15'$). Dieselbe wurde im Herbst 1902 zu + 94 bis + 102 *km* von Curtis gefunden.[2])

Fundamentalsterne zur Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten. Prof. Edwin B. Frost hat den Vorschlag gemacht, behufs Vergleichung der Genauigkeit der Messungen eine Anzahl von Fundamentalsternen auszuwählen, die von den verschiedenen Beobachtern welche sich mit spektroskopischen Ermittlungen der in die

[1]) Publ. of the Astron. Soc. of the Pacific 1903. Nr. 89 p. 103.

[2]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 31.

Gesichtslinie zur Erde fallenden (radialen) Komponente ihrer Eigenbewegungen beschäftigen[1]) alljährlich und genau bestimmt werden sollen. Er schlug zu diesem Zwecke die in nachstehendem Verzeichnis aufgeführten 20 Sterne vor. Die dabei angegebene Spektralklasse ist der Klassifikation von Miss Maury entnommen.

Sterne	R. A.	Dec.	Größe	Spektralklasse
β Cassiopeiae . .	0h 04m	+58° 36′	2.4	XII ab
α Arietis	2 02	+23 0	2.0	XV a
α Persei	3 17	+49 30	1.9	XII ac
α Tauri	4 30	+16 19	1.0	XVI a
β Leporis	5 24	−20 51	3.0	XIV a
γ Geminorum . .	6 32	+16 29	2.0	VIII a
β Geminorum . .	7 39	+28 16	1.1	XV a
β Cancri	8 11	+ 9 30	3.8	XV a
α Hydrae	9 23	− 8 13	2.2	XV a
α Crateris . . .	10 55	−17 46	4.1	XV a
β Corvi	12 29	−22 50	2.8	XIV a
α Bootis	14 11	+19 44	0.0	XV a
α Serpentis . . .	15 39	+ 6 44	2.7	XV a
β Ophiuchi . . .	17 38	+ 4 36	2.9	XV a
η Serpentis . . .	18 16	− 2 56	3.4	XV a
γ Aquilae	19 42	+10 22	2.8	XV a
ε Cygni	20 42	+33 36	2.7	XV a
ε Pegasi	21 39	+ 9 25	2.4	XV a
α Aquarii	22 01	− 0 49	3.2	XIV ac
γ Piscis	23 12	+ 2 44	3.8	XV a

Dieser Vorschlag hat den Beifall der Hauptbeobachter auf diesem Gebiete, Belopolsky, Campbell, Newall, Vogel gefunden und ist im wesentlichen von diesen angenommen.

Spektroskopische Doppelsterne. Mit der Genauigkeit der spektrographischen Apparate nimmt die Zahl der auf spektroskopischem Wege als Doppelsysteme erkannten Fixsterne stetig zu, und es hat fast den Anschein, als wenn im Fixsternreiche die isolierten Sterne wie unsere Sonne keineswegs die Regel bilden. Seit dem letzten Berichte[2]) sind auf der Licksternwarte folgende Sterne mit veränderlichen Bewegungen in der Gesichtslinie zur Erde, die also spektroskopisch nachweisbare Doppelsterne sind, entdeckt worden:[3])

ν Andromedae. Gemäß den Verschiebungen von Spektrallinien des Heliums und Magnesiums betrug die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde am 8. Oktober 1902 — 17 *km* in der Sekunde, am 5. November — 76 *km*, am 14. Januar 1903 + 49 *km*.

---

[1]) Astrophysical Journal 1903. 16. Nr. 3. p. 169.
[2]) Dieses Jahrbuch 13. p. 123.
[3]) Lick-Observatory Bulletin Nr. 31 u. 46.

π^4 Orionis. Das Spektrum ist ähnlich dem des vorher genannten Sternes. Die radiale Geschwindigkeit war 1902 Oktober 6 + 43 *km*, 1903 Januar 4 0 *km*, Januar 12 + 6 *km*.

σ Geminorum. Das Spektrum enthält eine große Anzahl metallischer Linien, doch sind die meisten nicht scharf, so daß die Messungen weniger genau ausfallen, als sonst der Fall sein würde. Es ergibt sich aus ihnen für 1902 März 16 eine radiale Geschwindigkeit von + 74 *km*, 1903 Januar 12 von + 12 *km*, Januar 13 von + 9 *km*.

ι Argus. ($\alpha = 8^h\ 3.3^m$; $\delta = -24^0\ 1'$). Von Prof. Campbell schon 1898 erkannt. Die Geschwindigkeit variiert nach den Messungen von Reese zwischen + 41.9 und + 50.3 *km*.

γ Corvi. Gemessen wurden 5 Platten die, vom 30. Dezember 1902 bis zum 17. Mai 1903 aufgenommen waren. Die Geschwindigkeit variiert zwischen — 20 und + 4 *km*,

η Virginis. 2 Aufnahmen (1903 Mai 17 und 24) lieferten Geschwindigkeiten von + 17 und + 4 *km*.

α Draconis. Das Spektrum dieses Sternes wurde 1902 Juni 16 und 1903 April 29, sowie Mai 24 photographiert. Die Untersuchung ergab Veränderung der radialen Geschwindigkeit zwischen 0 und —43 *km*.

ε Herculis. 2 Aufnahmen im Mai 1903 zeigen Veränderungen der Geschwindigkeit von — 70 und — 34 *km*.

δ Aquilae. 4 Aufnahmen in den Jahren 1900—1903 lassen Geschwindigkeitsänderungen von — 2 bis — 35 *km* erkennen.

Auf der Yerkessternwarte wurden durch Edwin B. Frost und Walter S. Adams folgende Sterne mit veränderlichen Radialgeschwindigkeiten entdeckt:[1])

δ Ceti. Die Geschwindigkeit wechselt zwischen + 6 und + 16 *km* in der Sekunde. Die Spektrallinien sind jedoch scharf und relativ leicht messbar.

ν Eridani. Ähnelt im Spektrum δ Ceti; die Geschwindigkeit wechselt zwischen + 3 und + 28 *km*.

π^5 Orionis. Die Messungen sind schwierig. Der Wechsel der Geschwindigkeit rangiert zwischen — 35 und + 73 *km*, und die Periode ist augenscheinlich kurz.

ζ Tauri. Das Spektrum dieses Sternes ist eigentümlich. Die Linie Hγ erscheint auf den Platten bemerkenswert scharf und intensiv. Die Geschwindigkeit wechselt zwischen + 2 und + 34 *km*, und die Periode scheint ziemlich lang zu sein.

η Virginis. 3 Platten ergaben Geschwindigkeiten zwischen — 31.5 und + 0.2 *km*. Der Stern zeigt ein zusammengesetztes Spektrum, beide Komponenten gehören zu Vogels Typus Ia 2 oder Miss Maurys Typus VIII a.

u Herculis. Dieser Stern gehört zu den photometrisch veränderlichen; seine Geschwindigkeit wechselte 1903 in den Monaten

[1]) Astrophys. Journal 1903. 17. p. 150. 246. 381. 18. p. 69.

Februar bis Mai zwischen —65 und +101 *km*. Die Linien seines Spektrums sind breit und verwaschen, die Messungen daher um mehrere Kilometer unsicher.

57 Cygni. 2 Aufnahmen im Mai 1903 lieferten Geschwindigkeiten von —114 und —23 *km*.

61 Cygni. Dieser Doppelstern ist bekannt als der erste Fixstern, dessen Entfernung von der Erde (durch Bessel) direkt gemessen wurde, und ist daher die Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten seiner beiden Komponenten von besonderem Interesse. Die Anwendung des Brucespektrographen mit einem Prisma bot die Möglichkeit, für beide Komponenten gesonderte Bestimmungen zu erhalten. Diese Aufnahmen geschahen durch Walter S. Adams. Die Messungen des Hauptsternes 61^1 Cygni an den Aufnahmen vom 11. August 1902, vom 17. Mai und 6. Juni 1903 ergaben in guter Übereinstimmung als Geschwindigkeit in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde den Wert von —62 *km* pro Sekunde. Die Aufnahmen am 9. Januar, 7. Mai und 5. Juni 1903 ergaben für den Begleiter 61^2 Cygni im Mittel eine Geschwindigkeit von —63 *km* in der Sekunde. Die Unsicherheit beider Resultate übersteigt wahrscheinlich nicht 3 *km*. Für den Stern 61^1 Cygni hatte 1895 Belopolsky in Pulkowo aus Aufnahmen auf 2 Platten eine radiale Geschwindigkeit von —54 *km* erhalten. Diese Messungen sind nicht so genau als die jetzt von der Yerkessternwarte veröffentlichten, doch stehen sie mit diesen in guter Übereinstimmung und beweisen, daß die zuletzt erhaltenen Werte von der Wahrheit nicht weit abweichen können. Ferner lehrt die Übereinstimmung der für die beiden Komponenten von 61 Cygni erhaltenen Radialgeschwindigkeiten, daß diese Sterne physisch zusammengehören. Nimmt man für sie eine Parallaxe von 0.4″ und eine scheinbare Eigenbewegung von 5.2″ jährlich an, so ergibt sich als ihre wahre Bewegung im Raume eine Geschwindigkeit relativ zur Sonne von 64 *km* in der Sekunde, während die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne nur 29.6 *km* pro Sekunde beträgt.

ε Ursae majoris. Die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes ist schon 1889—1890 in Potsdam zu —30.4 *km* pro Sekunde bestimmt worden. Eine Aufnahme mit dem Bruceschen Spektrographen im April 1902 ergab dafür den sehr abweichenden Wert —8 *km*. Die Linien im Spektrum dieses Sternes sind zwar schwierig zu messen, aber die gefundene Abweichung von den Ergebnissen der Potsdamer Messungen erschien doch so erheblich, daß der Stern auf der Yerkessternwarte auf die Liste der noch weiter zu beobachtenden Sterne gesetzt wurde. Infolgedessen sind in den Jahren 1902 und 1903 an 9 Abenden photographische Spektralaufnahmen desselben ausgeführt worden, die im Mittel auf eine Geschwindigkeit von —9.4 *km* pro Sekunde führten. Sonach ist kein Zweifel, daß die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes erheblich von derjenigen im Jahre 1899 abweicht, und es wird wahrscheinlich, daß er ein spektro-

skopischer Doppelstern von wesentlich längerer Umlaufsdauer ist als die bis jetzt bekannten.

β Scorpii. Es liegen 4 Aufnahmen aus 1902 und 1903 vor, aus denen sich Geschwindigkeiten zwischen +19 und —99 *km* ergaben. Das Spektrum dieses Sternes gehört dem Oriontypus an, aber alle Linien desselben sind ungemein breit, und daher die Messungen um verschiedene Kilometer unsicher.

ε Herculis. Dieser Stern besitzt ein zusammengesetztes Spektrum, und dessen Veränderungen werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. 3 Aufnahmen aus den Monaten April, Mai und Juni 1903 lieferten Geschwindigkeiten von —58, —43 und —22 *km*, doch sind diese Angaben nur provisorische.

τ Tauri. 3 Aufnahmen im Februar und März 1903 zeigten, daß dieser Stern, der seinem Spektrum nach zum Oriontypus gehört, Veränderungen der radialen Geschwindigkeit besitzt, die bis zu 75 *km* sich belaufen.

ψ Orionis. Ebenfalls ein Stern des Oriontypus. 3 Aufnahmen im Februar und März 1903 ergaben radiale Geschwindigkeiten von —122, +148 und —13 *km*, also eine ganz ungemein große und dabei rasche Veränderlichkeit.

Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam sind ebenfalls wieder mehrere spektroskopische Doppelsterne entdeckt worden, worüber folgendes zu berichten ist:

o Persei. Dieser Stern wurde 1877 von Burnham als Doppelstern erkannt, mit einem Begleiter 7.—8. Größe. Die scheinbare Distanz des letztern von seinem Hauptsterne beträgt etwa 1″, und geringe Bewegungen desselben im Positionswinkel sind angedeutet. Im Frühjahre 1902 wurde von *o* Persei auf der Yerkessternwarte an 5 Abenden das Spektrum photographiert, und nach der Mitteilung von W. S. Adams[1]) zeigten sich dabei Verschiebungen der dunklen Linien, welche auf Geschwindigkeiten des Sternes in der Gesichtslinie zur Erde von mehr als 100 *km* pro Sekunde führten, und außerdem rasche Änderungen derselben. Dies veranlaßte H. C. Vogel, die spektralphotographische Aufnahme des Sternes näher ins Auge zu fassen. Die Ergebnisse, zu denen diese Arbeiten führten, hat Prof. Vogel der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften unlängst vorgelegt,[2]) diese Abhandlung enthält im wesentlichen das Nachfolgende:

Einige Aufnahmen vom Spektrum dieses Sternes, von Dr. Eberhard mit dem Spektrographen IV am photographischen Refraktor (32.5 *cm*) des Potsdamer Observatoriums angefertigt, zeigten, daß *o* Persei auch mit diesem Instrumente unter Anwendung stärkerer Zerstreuung, wie sie der Spektrograph IV gibt, mit Erfolg zu beobachten ist. Bisher sind von Dr. Eberhard unter Assistenz von Dr. Scholz 18 Spektro-

---

[1]) Astrophys. Journal 15. Nr. 3.

[2]) Sitzber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1902. 58. p. 118 ff.

gramme hergestellt worden, deren Ausmessung und weitere Bearbeitung Prof. Vogel vorgenommen hat. Der Stern ist 4. Größe; sein Spektrum ist ein schlecht ausgeprägtes Spektrum der Klasse Ib, in dem Prof. Vogel nach frühern Aufnahmen bei geringerer Dispersion 16 Linien, meist dem Wasserstoffe und dem Cleveïtgase angehörig, messen konnte.[1]) Die Linien, besonders die des Wasserstoffes, waren auch bei schwacher Dispersion sehr matt und überdeckt. Bei der stärkern Zerstreuung des Spektrographen IV erschien in dem untersuchten Teile des Spektrums die Wasserstofflinie $H\gamma$ als eine schwache Aufhellung in dem kontinuierlichen Spektrum; die außerdem noch sichtbare und meßbare, dem Cleveïtgasspektrum angehörende Linie λ 4472 war matt und breit, und die auf den meisten Platten meßbare Clevïetlinie λ 4388 war ihr ähnlich.

Die Messungen konnten sich nur auf die sehr breite, verwaschene $H\gamma$-Linie und auf die beiden matten, breiten Cleveïtgaslinien λ 4388 und λ 4472 beziehen.

Dr. Eberhard hat sich die größte Mühe gegeben, die Expositionszeit den atmosphärischen Verhältnissen anzupassen, und hat besonders auch große Sorgfalt auf die Entwicklung der Platten verwendet. Die Expositionszeit schwankte zwischen 30 und 60 Minuten; im Durchschnitte war sie 40 Minuten. Die Spaltbreite betrug bei allen Aufnahmen 0.02 *mm*.

Ob bei der neun- bis zehnmal größern Lichtstärke des Instrumentes der Yerkessternwarte und der dadurch bedingten kürzern Expositionszeit die Aufnahmen bei derselben Dispersion erheblich besser werden können, schien Prof. Vogel bei der Eigentümlichkeit des Spektrums fraglich, sonst hätte er die Untersuchung nicht weitergeführt und würde sich damit begnügt haben, aus der Messung an einigen Aufnahmen zu konstatieren, daß bei diesem Sterne innerhalb einer Periode von 4.4 Tagen Änderungen der im Visionsradius gelegenen Geschwindigkeitskomponente von über 200 *km* pro Sekunde vorkommmen,

Über die Messungen teilt Prof. Vogel noch mit, daß er die Verschiebungen der Linien im Sternspektrum aus der Messung der Distanz der drei oben erwähnten Linien im Sternspektrum gegen benachbarte Linien des Vergleichsspektrums (Fe) abgeleitet hat.

Die Messungen auf den Platten sind ganz besonders schwierig, und Prof. Vogel bemerkt in dieser Beziehung beispielsweise, daß unter schwacher (zehnfacher) Vergrößerung auf einer Platte eine der Linien ganz schief zur Längsrichtung des Spektrums zu stehen schien, während unter Anwendung stärkerer Vergrößerung, bei welcher die Struktur der Platte deutlich zu erkennen war, sich herausstellte, daß durch einen kleinen schrägen Strich, der sich innerhalb der Spektral-

---

[1]) Publik. des Astrophys. Obs. 12. p. 33.

linie des Sternes durch Zusammenfließen einiger Silberkörnchen gebildet hatte, der Eindruck des Schiefstehens der Linie bei schwächerer Vergrößerung hervorgebracht wurde.

Im ganzen wurden 18 Platten untersucht, die in der Zeit vom 2.—27. November 1902 aufgenommen waren. Die erhaltenen Ergebnisse für die Geschwindigkeiten und die Zeiten der Aufnahmen, auf die sie sich beziehen, wurden durch eine Kurve verbunden, wodurch sich ergab, daß die Periode zu 4.39 Tagen anzusetzen ist. Eine genauere Ableitung derselben ist erst auf Grund weiterer Beobachtungen nach längerer Zeit möglich. Die Annahme 4.39 Tage hat jedoch genügt, die Reduktion der verschiedenen Beobachtungen für eine übersichtlichere graphische Darstellung auf den Zeitraum einer Periode auszuführen. Prof. Vogel fand weiter, daß eine bemerkenswerte Abweichung von einer Kreisbahn nicht vorhanden ist.

Was die Genauigkeit der Beobachtungen anbelangt, so ist dieselbe zwar gering, aber doch größer ausgefallen, als Prof. Vogel anfänglich erwartet hatte. Wenn man die Werte für die einzelnen Linien auf einer Platte mit dem Mittel vergleicht, so ergibt sich der wahrscheinliche Fehler der aus einer Linie auf einer Platte abgeleiteten Geschwindigkeitsbestimmung zu $\pm$ 9 *km*; dem Mittel aus den Messungen an einer Platte würde demnach der wahrscheinliche Fehler $\pm$ 5 *km* entsprechen.

Bei einer genauen Betrachtung der aus den 3 Linien auf einer Platte abgeleiteten Geschwindigkeiten fiel es Prof. Vogel jedoch auf, daß, mit Ausschluß derjenigen Platten, auf denen die Linien nur eine geringe Verschiebung zeigen, mit wenigen Ausnahmen die aus der Verschiebung der Linie Hγ abgeleiteten Geschwindigkeiten, absolut genommen, kleiner sind als das Mittel der aus den Messungen an den Linien des Cleveïtgasspektrums erhaltenen Werte.

Gibt man die Realität der Abweichungen zu, so gestattet, wie Prof. Vogel zeigt, diese einen weitern Einblick in das untersuchte Doppelsternsystem.

»Der Umstand«, sagt er, »daß eine periodische Verdoppelung der Linien nicht wahrnehmbar ist, könnte zu der Annahme führen, daß der eine Körper dieses Systems dunkel sei. Die große Mattigkeit der Linien des Cleveïtgasspektrums läßt jedoch darauf schließen, daß das Spektrum von einem zweiten überdeckt ist. Die breiten verwaschenen Wasserstofflinien passen ferner nicht zu dem typischen Spektrum der Klasse Ib und führen weiter zu der Annahme, daß das überdeckende Spektrum der Klasse Ia 2 angehören müsse. Die ganz zarten Metalllinien, welche neben den breiten verwaschenen Wasserstofflinien bei dieser Spektralklasse auftreten, verschwinden gänzlich durch die Überdeckung dieses Spektrums mit dem Spektrum Ib des sich stark bewegenden Körpers. Unter diesen Annahmen erklärt sich sehr leicht, weshalb die Messungen an der Hγ-Linie geringere

Geschwindigkeiten ergeben, als die an den Cleveïtlinien. Die schmalere und weniger verwaschene Linie des Spektrums Ib verbreitert und verstärkt bei absoluter Deckung der Spektra beider Sterne das Absorptionsmaximum der sehr breiten und verwaschenen Linie Hγ des Spektrums Ia 2. Bei einer Verschiebung beider Spektra gegeneinander bleibt die Linie des Spektrums Ib innerhalb der breiten Linie des andern Spektrums, die Intensitätskurven beider Linien setzen sich aber so aneinander, daß ein breiteres, unsymmetrisch zur Mitte des Gesamtbildes beider Linien liegendes Maximum entsteht. Die Messung der Hγ-Linie mit dem periodisch sich verschiebenden Spektrum Ib wird also beeinflußt durch die Hγ-Linie des Spektrums Ia 2, und zwar in der Weise, daß die Messungen der Verschiebung, absolut genommen, zu klein ausfallen. In welchem Maße dies geschieht, ist natürlich ganz von der relativen Intensität der Absorptionslinien beider Spektra und von der Güte des Spektrogramms abhängig. Trotz der Schwäche und der Breite dieser Absorptionslinien ist anzunehmen, daß 2 Maxima in der zusammengesetzten Hγ-Linie zu Zeiten der größten Verschiebungen erkennbar sein würden, wenn beide Komponenten des Doppelsternes stärkere Verschiebungen erleiden. Selbst bei einer geringen Bewegung des zweiten Sternes würde der Einfluß auf die Auffassung der zusammengesetzten Hγ-Linie ein ein stärkerer sein müssen, als er tatsächlich gewesen ist. Nach den Beobachtungen scheint demnach die Annahme zulässig, daß der Schwerpunkt beider Körper sehr nahe an dem Sterne mit dem Spektrum Ia 2 oder selbst noch innerhalb desselben gelegen ist."

Mit dem Werte für die größte Geschwindigkeit von 110 *km*, der Annahme, daß der Schwerpunkt des Systems innerhalb des einen Körpers, und die Bahnebene in der Gesichtslinie zur Erde liegt, und mit der Periode 4.39 Tage berechnet Prof. Vogel den Abstand beider Körper zu 6 640 000 *km*, und die Masse des Systems ergibt sich zu 0.6 der Sonnenmasse. Legt man der Rechnung als größte Geschwindigkeit 115 *km* anstatt 110 *km* zugrunde, so ergibt sich für den Abstand beider Körper 6 940 000 *km*, für die Masse des Systems 0.7 Sonnenmasse.

ε Aurirae. Über diesen Veränderlichen machte Prof. Vogel in der Preuß. Akademie der Wissenschaften Mitteilungen.[1]) Bei den vor einigen Jahren, sagt er, an Sternspektren angestellten Untersuchungen über die brechbarern Teile des Spektrums fiel es Dr. Eberhard auf, daß in dem an der Grenze zwischen der Spektralklasse I und II stehenden Spektrum des bekannten Variabeln ε Aurigae die Serie der Wasserstofflinien im Violett über die Linien H und K hinaus deutlicher hervortrat, als es bei den Sternen von ähnlichem Spektraltypus der Fall ist. Er vermutete, daß das Spektrum des Sternes als

---

[1]) Sitzber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1902. p. 1068.

eine Übereinanderlagerung zweier Spektra von verschiedenen Typen anzusehen sei.

Große Veränderungen im Spektrum von ε Aurigae, die allein bei der geringen Dispersion des von Dr. Eberhard benutzten Spektrographen (D) mit einem Prisma hätten erkannt werden können, zeigten zu verschiedenen Zeiten gemachte Aufnahmen des Spektrums nicht.

Von Prof. Hartmann sind mit dem großen Spektrographen (III) in Verbindung mit dem 80 *cm*-Refraktor Ende April und Anfang Mai 1900 3 Spektrogramme angefertigt worden, welche bei der Vergleichung untereinander in der Gegend der Linien mit den Wellenlängen λ 415 $\mu\mu$—λ 455 $\mu\mu$ nichts Auffälliges zeigten. Dr. Eberhard hat dann weiter mit dem vor 3 Jahren von Prof. Vogel für den photographischen Refraktor von 32.5 *cm* Öffnung konstruierten Spektrographen (IV) mit 3 Prismen das Spektrum von ε Aurigae am 9. November 1901 und am 18., 19. und 22. November 1902 aufgenommen, Schon eine oberflächliche Vergleichung der Spektra aus diesem Jahre mit dem vorjährigen Spektrum ließ erkennen, daß das Sternspektrum eine Veränderung erlitten hatte, und eine von Prof. Vogel daraufhin sogleich an den Spektrogrammen begonnene eingehende Untersuchung und Messung hat bisher ergeben, daß die Vermutungen Dr. Eberhards begründet waren, und tatsächlich das Spektrum von ε Aurigae durch Übereinanderlagerung zweier Spektra, und zwar eines Spektrums, ähnlich dem von α Cygni, und eines Spektrums, an der Grenze der I. und II. Spektralklasse (α Persei, γ Cygni) gelegen, gebildet ist.

Gegenwärtig ist das erstgenannte Spektrum, das intensivere, relativ zum andern nach Violett um einen Betrag verschoben, der einer Bewegung von 30—40 *km* in der Sekunde entspricht. Das Spektrum unterscheidet sich zur Zeit wesentlich dadurch von dem vorjährigen (1901), daß nur einige wenige Linien des Eisenspektrums darin zu erkennen sind. Die meisten sind wahrscheinlich infolge der Verschiebung der Spektra gegeneinander verschwunden, und es sind im wesentlichen nur die Linien eines Spektrums ähnlich dem von α Cygni zu erkennen, die meist doppelt erscheinen und dadurch charakterisiert sind, daß die nach Violett gelegene Komponente mit wenigen Ausnahmen die stärkere ist, und die Begrenzung der oft schwer zu trennenden Doppellinien nach Violett äußerst scharf erscheint. Bei den Linien des Wasserstoffs ist das besonders auffallend, wie eine von Prof. Hartmann am 22. November 1902 hergestellte, sehr gelungene Aufnahme mit dem nur mit einem Prisma versehenen Spektrographen (I) in Verbindung mit dem 80 *cm*-Refraktor zeigt.

Es unterliegt hiernach wohl keinem Zweifel, daß ε Aurigae ein spektroskopischer Doppelstern ist und wahrscheinlich ein solcher mit sehr langer Periode.

Die Vergleichungen und Ausmessungen der Spektra bieten erhebliche Schwierigkeiten, indem besonders in einigen Teilen des Spektrums durch die Ungleichartigkeit der beiden übereinander gelagerten Spektra Komplikationen entstehen. Prof. Vogel behält sich vor, später eingehender über die recht interessanten Details des Spektrums dieses Sternes, der andauernd auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam beobachtet werden wird, zu berichten.

α Coronae. Durch Aufnahme mit dem Spektrographen I des großen Refraktors des Potsdamer Observatoriums fand[1]) Prof. Hartmann, daß auch dieser Stern 1. Größe eine veränderliche Eigenbewegung besitzt. Die 13 Aufnahmen, welche zwischen 28. Mai 1902 und 23. Juni 1903 erhalten wurden, zeigen Werte für die radiale Geschwindigkeit dieses Sternes, die zwischen —20 *km* und +38 *km* variieren (das Zeichen — bedeutet Annäherung, + Entfernung von der Erde). Die Periode dieser Veränderung ist 17 Tage. Das Spektrum gehört zur Vogelschen Klasse Ia 2.

β Arietis. Die Bewegungsänderungen gehen nach den Potsdamer Aufnahmen[2]) bis zu 50 *km*; es ist auch auf 2 Platten eine Verdopplung der Magnesiumlinie λ 4481 zu erkennen, die eine relative Geschwindigkeit der Komponenten von 70 *km*, bezw. 60 *km* ergibt. Weitere Untersuchungen sind in Potsdam in Aussicht genommen.

ω Ursae. Aufnahmen aus der Zeit vom 25. April bis 22. Juni 1903 machen eine relative Bewegung der Komponente von ca. 45 *km* in der Sekunde wahrscheinlich. Auch dieser Stern ist vermutlich ein spektroskopischer Doppelstern.

ε Ursae. Die Abweichung des von Adams gefundenen Wertes für die radiale Bewegung von dem 1889 zu Potsdam ermittelten, hat Prof. Vogel veranlaßt, die neuen im Frühjahre 1903 dort erhaltenen Aufnahmen des Sternes zu vermessen. Er fand im Mittel von 7 Spektrogrammen eine Bewegung von 9 *km*. Obgleich, sagt Prof. Vogel, die Ermittlungen der Verschiebung bei den Spektren der Klasse I früher nur auf der Messung des Abstandes der Mitte der meist breiten und verwaschenen Hγ-Linie von der künstlichen, das Sternspektrum durchsetzenden Hγ-Linie beruhten und daher keine große Genauigkeit besitzen konnten, so übersteigt doch ein Unterschied von über 20 *km* erfahrungsgemäß so erheblich das Maß der Unsicherheit, daß ich die Ansicht von Adams, daß *ε* Ursae majoris der variabeln Bewegung im Visionsradius verdächtig ist, teilen möchte.

β Scorpii ist von V. M. Slipher auf der Lowellsternwarte zu Flagstaff (Arizona) 1902 und 1903 in 12 Nächten spektrographisch aufgenommen worden.[3]) Diese Aufnahmen ergaben eine ungewöhnlich große Veränderlichkeit der radialen Bewegung dieses dem Oriontypus

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3890.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3898.
[3]) Lowell-Observatory Bulletin Nr. 1.

angehörigen Sternes. Sie variieren zwischen —109 und +140 *km*, und die Beobachtungen deuten auf eine äußerst kurze Periode; doch sind die Messungen offenbar mit Vorsicht aufzunehmen.

λ Scorpii ist auf der Lowellsternwarte von V. M. Slipher in der Zeit von 1903 Juni 3 bis April 24 spektrographisch beobachtet worden. Diese Aufnahmen ergaben Radialgeschwindigkeiten, welche zwischen —42 und +38 *km* variieren.[1])

Die Bahnverhältnisse des spektroskopischen Doppelsternes η Orionis. Dieser Stern 3.4 Größe, dessen Ort am Himmel (für 1900.5) ist: $\alpha = 5^h\ 19^m$ $\delta = -2^0\ 29'$ besitzt, wie W. Herschel 1781 fand, einen Begleiter 10.5 Größe in etwa 110″ Abstand. Im Jahre 1848 entdeckte Dawes, daß der Hauptstern selbst wiederum doppelt ist und aus 2 Sternen 4. und 6. Größe besteht, die etwa 1″ voneinander entfernt sind. Im Dezember 1901 fand man auf der Yerkessternwarte, daß der hellere Stern (4. Größe) eine veränderliche Eigenbewegung in der Gesichtslinie zur Erde besitzt, indem er sich bald der Erde mit einer Geschwindigkeit bis zu 60 *km* nähert, bald mit ebensolcher Schnelligkeit entfernt. Nach den bisherigen Erfahrungen war daraus zu schließen, daß dieser Stern mit einem andern, unsichtbaren, eine Bahn mit wenigen Tagen Umlaufsdauer um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreibt, und der Beobachter Walter S. Adams begann eine Reihe regelmäßiger photographischer Spektralaufnahmen des Sternes, um die Bahn desselben genauer zu ermitteln. Die Ergebnisse dieser Arbeit liegen nun vor.[2])

Der Stern gehört zur Klasse derjenigen Doppelsterne, bei welchen die eine Komponente dunkel ist, denn keine der Aufnahmen zeigt eine Spur davon, daß etwa 2 Spektra übereinander gelagert seien. Das Spektrum gehört dem Typus der Orionsterne an, aber es enthält außer den regelmäßig vorkommenden Linien des Heliums und des Wasserstoffs 3 Linien des Siliziums und eine Anzahl von Linien des Sauerstoffs und Stickstoffs, welche sich von großem Werte für die Geschwindigkeitsbestimmung des Sternes erwiesen. Zu gewissen Zeiten ist die Änderung dieser Geschwindigkeit so rasch, daß sie sich um mehrere Kilometer während der Dauer der photographischen Aufnahme ändert, wodurch das Aussehen der Linien auf den Platten merklich beeinflußt wird.

Bei Untersuchung der Aufnahmen wurden in den meisten Fällen die Positionsverschiebungen von 8—10 Linien gemessen, und die einzelnen Werte stimmen im ganzen vorzüglich miteinander überein. Die größten Geschwindigkeiten des Sternes waren + 179.0 *km* in der Sekunde am 9. Januar 1902 und —106.5 *km* am 3. April, wobei das Zeichen + bedeutet, daß sich der Stern entfernt, — daß er sich

[1]) a. a. O., Nr. 4.

[2]) Astrophys. Journal 1903. 17. p. 68.

nähert. Im ganzen wurden 28 Aufnahmen aus der Zeit vom 27. November 1901 bis zum 19. November 1902 zur Bahnberechnung benutzt. Das Ergebnis derselben ist folgendes:

Dauer des Umlaufes um den gemeinsamen Schwerpunkt (P) = 7.9896 Tage. Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes des Systems (V) = 35.5 *km* pro Sekunde. Durchgang durch das Periastrum (T) = 1901 Dezember 1.821. Exzentrizität der Bahn (e) = 0.016. Positionswinkel des Periastrums (ω) = 42°16′. Halbe große Achse der Bahn (a sin i) = 15 901 000 *km*.

Die Helligkeitsverteilung in der Milchstraße verglichen mit der Verteilung der in der nördlichen Milchstraße stehenden Sterne der Bonner Durchmusterung ist von C. Easton studiert worden.[1]) Von dieser wichtigen, durch zahlreiche Tabellen und statistische Zusammenstellungen ausgeführten Arbeit gibt A. Berberich eine kritische Darstellung,[2]) der das Nachfolgende entnommen ist.

Um den Glanz der einzelnen Teile des Milchstraßengürtels durch Zahlen auszudrücken, wählte Easton 6 Helligkeitsstufen, von ganz schwachem Lichte bis zu hellstem Glanze. Auf der von ihm selbst gezeichneten Karte der Milchstraße wurden Linien gleicher Helligkeit eingetragen, so daß für jede Stelle der Helligkeitsgrad angegeben werden kann. Dann wählte er auf einer von Prof. M. Wolf ihm zur Verfügung gestellten Aufnahme der Gegend um γ Cygni 2 Stellen aus, eine vom höchsten Glanze (Stufe *f*) und eine von ziemlich geringer Helligkeit (Stufe *b*), zählte daselbst die Sterne in halben Größenklassen ab und berechnete deren Gesamtlicht. Das Licht der schwächsten Sterne (13.6—14 Gr.) wurde als Einheit angenommen und jede halbe Größe als 1.6 mal heller gerechnet. So fanden sich folgende Zahlenwerte der 6 Helligkeitsstufen in der Milchstraße: 1, 1.37, 1.88, 2.58, 3.53, 4.85, also das Verhältnis einer Stufe zur nächsten wie 1 : 1,37. Man könnte diese Helligkeiten auch ohne weiteres und vielleicht noch übersichtlicher in Sterngrößen ausdrücken und fände dann jene 6 Grade gleichwertig mit Sternen von ungefähr 5.4, 5.1, 4,7, 4.4, 4.0, 3.6 Größe.

Nun handelte es sich darum, die Verteilung der in der Bonner Durchmusterung enthaltenen Sterne der Milchstraßenzone zu bestimmen und mit der Verteilung des Glanzes längs dieser Zone zu vergleichen. Easton stützte sich bei dieser Arbeit auf die Karten Stratonoffs, faßte aber die Sterne nach ihren Größen in bloß 4, statt 8 Gruppen zusammen (0—6.5, 6.6—8.0, 8.1—9.0 und unter 9.0 Größe), um die Unsicherheit der Abgrenzung und rein lokale Unregelmäßigkeiten zu eliminieren. Die Milchstraßenzone zwischen 18° südlicher

---

[1]) Verhandelingen d. Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam. Sekt. I. 8. Nr. 3.

[2]) Naturwiss. Rundschau 1903. Nr. 16.

und 18° nördlicher Breite von der Mittellinie aus wurde in Vierecke von je 15° Länge und 4° Breite geteilt. Für jedes Viereck wurde die Dichte der Sterne jeder einzelnen Größengruppe aus Stratonoffs Tabellen und Karten berechnet und der Zahlenwert des Helligkeitsgrades der Milchstraße aus der eigenen Karte entnommen.

Es ergab sich nun deutlich, daß die Dichte oder das Zusammendrängen der Sterne um so weniger dem eigentlichen Milchstraßenglanze parallel geht, je heller die Sterne sind. So erscheint es fast als eine Regel, daß die Sterne der I. Größengruppe in Gegenden von mäßigem Glanze der Milchstraße vorwiegen, wie sie überhaupt viel gleichförmiger verteilt sind als die übrigen Sterne, namentlich die der IV. Gruppe. Dieser Gegensatz ist leicht begreiflich, denn wenn auch die Dimensionen und Strahlungsintensitäten der Fixsterne noch so verschieden sind, so werden im Durchschnitte die hellern Sterne doch näher sein als die schwächern und infolge der Perspektive weiter auseinander treten als diese. Eine bedeutsame Ausnahme jener Regel wird von Easton jedoch besprochen, nämlich die starke Verdichtung von Sternen aller Größenordnungen, verbunden mit hohem Milchstraßenglanze in der Gegend von α Cygni. Jene Regel spricht sich auch in der Tatsache aus, daß die Stellen größten Glanzes im Durchschnitte nur 4° von der Mittellinie der Milchstraße abstehen, während der Abstand regelmäßig wächst bei abnehmendem Glanze. Das Verhalten der Sterne im Vergleiche mit dem Milchstraßenlichte stellt Easton in verschiedenen Tabellen dar, von denen folgende die anschaulichste sein dürfte. Er bildet 6 Abteilungen zu je 14 Vierecken, ordnet die Abteilungen nach dem Glanze *M* der Milchstraße und fügt die durchschnittlichen Sterndichten der 4 Größengruppen bei:

Abt.	*M*	IV.	III.	II.	I.
A	1.77	1.24	1.22	1.21	1.20
B	1.36	1.20	1.18	1.09	1.08
C	1.15	1.05	1.01	0.96	1.09
D	0.92	1.08	1.02	1.00	1.10
E	0.73	0.89	0.91	0.97	0.94
F	0.40	0.62	0.66	0.71	0.89

Das Verhältnis der ersten zur letzten Abteilung ist für den Milchstraßenglanz 4.4 zu 1, während für die 4 Größengruppen der Sterne das Verhältnis von 2.0 bis auf 1.35 sinkt, sich also von dem des Glanzes um so mehr entfernt, je heller die Sterne sind.

Aus den gefundenen Regelmäßigkeiten folgert Easton zuerst, daß die einzelnen Verdichtungen, die man im Verlaufe der Milchstraße bemerkt, nicht ganz ohne Zusammenhang miteinander sein können. Eine verhältnismäßig sehr weit entfernte Sternwolke würde nur schwache Sterne zu den sonstigen Sternen hinzufügen, bei gleichem Abstande aller Wolken wäre auch eine, in Wirklichkeit nicht vorhandene, völlige Gleichförmigkeit der Sternverteilung zu erwarten. Für die Ungleichheit des Abstandes verschiedener Teile der Milchstraße, die scheinbar beieinander liegen, lassen sich Beispiele an-

führen. So erfahren die Sterne der hellsten Gruppen in der Hauptverdichtung im Cygnus eine starke Zusammendrängung, an der sekundären Verdichtung, die in den Sternbildern Auriga und Monoceros liegt, nehmen sie dagegen nicht teil, sind vielmehr hier recht spärlich. Andererseits treten gerade die hellen Sterne in der Perseusgegend ungewöhnlich häufig auf, wo die schwachen Sterne in verhältnismäßig geringerer Zahl zu finden sind. Es liegt kein Grund vor, den Sternen dieser verschiedenen Regionen ungleiche wahre Größen oder abweichende physische Beschaffenheit zuzuschreiben; der Unterschied in der Häufigkeit der Größengruppen an solchen Stellen läßt sich jedenfalls am einfachsten mit der Verschiedenheit der Entfernung jener Verdichtungen erklären. So bemerkt man gerade auch bei der schon erwähnten großen Verdichtung im Cygnus einen auffallenden Gegensatz, indem die hellen Sterne mehr im Norden, die schwächern nach Süden hin vorwiegen. An eine tatsächliche Scheidung der großen und kleinen Sterne im Raume, und zwar auf einer so beschränkten Fläche von der halben Breite der Milchstraßenzone, wird man kaum glauben wollen. Die Regelmäßigkeit, mit der das Vorwiegen der hellen Sterne allmählich dem Vorwiegen der schwächern Platz macht, wenn man von Cygnus weiter nach Cepheus, Cassiopeia, Aquila bis Scutum geht, spricht dafür, daß die Änderung der Helligkeit von einer Zunahme der Entfernung herrührt. Als das am besten begründete Ergebnis seiner Untersuchung betrachtet Easton die Folgerung, daß von den 2 Ästen der Milchstraße, die von Deneb (α Cygni) gegen Albireo (β Cygni) und gegen γ Aquilae ziehen, der letztere viel weiter von uns entfernt ist als der erstere, wennschon der Glanz beider Äste durchaus nicht sehr verschieden ist. Einzelne der Sterngruppen, die man in diesen Ästen bemerkt, mögen allerdings nur perspektivisch zu ihnen gehören, während sie räumlich weit vor ihnen stehen. So braucht man auch nicht anzunehmen, daß die Lichtbrücken, die vom einen zum andern Aste laufen, wirkliche physische Verbindungen darstellen; sie dürften kürzere Zweige des einen Astes sein, deren Endteile nur scheinbar im andern Aste liegen.

Nebelflecke.

Photographische Aufnahmen kosmischer Nebelflecke.

Dr. Isac Roberts veröffentlicht einige Ergebnisse seiner neuen photographischen Aufnahmen von Nebeln.[1])

NGK. Nr. 7822 in der Cassiopeia. Es ist der Nebel h 2302 von John Herschel und wird von diesem als äußerst schwach, rundlich und 10′ im Durchmesser haltend beschrieben. Die photographischen Aufnahmen geschahen mit dem 20-zolligen Reflektor und 90^m Exponierung am 9. Oktober 1901, am 25. Oktober und 2. Dezember

[1]) Monthly Notices 1903. 63. p. 301.

1902. Sie zeigen das Objekt als eine feine Nebelwolke von unregelmäßiger Struktur und Helligkeit mit mehrern hellen Sternen. Diese Nebelwolke hat 42′ Ausdehnung von O nach W und 38′ von N nach S, auch sind Spuren von noch weiter reichendem Nebel vorhanden, der bei längerer Exponierung der Platte wahrscheinlich sichtbar würde.

Die Gegend um den Nebel N. G. K. Nr. 1665 im Eridanus zeigt mehrere Nebel, darunter als hervorragendsten den Nebel W. Herschel II 457, der sich auf der Photographie als schräg liegende rechts gedrehte Spirale mit sternförmigem Kerne darstellt.

Der Nebel N. G. K. Nr. 1659 im Eridanus erscheint ebenfalls als Spiralnebel mit hellem, sternförmigem Kerne.

N. G. K. 1643 wird von Herschel als äußerst schwach und sehr klein bezeichnet sowie unregelmäßig rund; die Photographie zeigt ihn hell und ziemlich groß.

N. G. K. 1656, den Herschel als äußerst schwach bezeichnet, zeigt einen großen, sternigen Kern mit feinen nebeligen Ausläufern an der nördlichen und südlichen Seite.

N. G. K. 1645 wird von d'Arrest als sehr lichtschwach beschrieben; die Photographie zeigt einen mäßig hellen Stern von einer Nebelhülle umgeben.

N. G. K. 1667, von Stephan entdeckt, ist wahrscheinlich ein Spiralnebel mit unregelmäßigem Kerne.

N. G. K. 1681, ebenfalls von Stephan entdeckt, zeigt einen hellen sternigen Kern mit Nebelhülle.

N. G. K. 7492 im Wassermann, von W. Herschel als lichtschwacher Nebel bezeichnet, ist ein Haufen überaus feiner Sterne.

Außer diesen zeigen die Platten von Dr. Roberts noch eine große Zahl feiner Sterne mit unregelmäßigen, verschwommenen Rändern, die von andern Astronomen wohl als feine Nebel bezeichnet würden, doch hält Roberts dies nicht für zulässig, da die erwähnten Unregelmäßigkeiten der Ränder durch Störungen in der Erdatmosphäre oder instrumentale Einflüsse entstanden sein können.

Eine Eigentümlichkeit der großen Nebelflecke. Prof. Dr. Max Wolf (Heidelberg) macht hierüber folgende Mitteilungen:[1])

»Die ausgedehnten Nebelmassen des Himmels bilden für die Aufnahme mit den kurzbrennweitigen Porträtlinsen naturgemäß die lohnendsten Objekte. Nur mit Hilfe dieser Instrumente lassen sie sich auffinden, in ihrer Ausdehnung erkennen und in ihrem Zusammenhange mit den Sternen der umgebenden Himmelsräume studieren. Daher habe ich auch, soviel es die andern Arbeiten und das geizige Wetter gestatteten, lange dauernde Aufnahmen solcher mit Nebel erfüllter Gegenden gemacht. Dabei bin ich auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam geworden, daß diese Nebel stets zugleich

[1]) Astron. Nachr., Nr. 3848.

mit solchen Stellen vorkommen, wo die Sternzahl plötzlich geringer wird, und fast gar keine schwachen Sterne vorhanden sind; stets finden sich solche Nebel oder wenigstens ihre wahrnehmbaren Teile zusammen mit ausgedehnten Sternleeren.

Zwei hervorragende Beispiele, den großen Orionnebel und den Amerikanebel, hat Herr A. Kopff auf meine Veranlassung hin zahlenmäßig untersucht.[1]) Herr Kopff hat durch Aufzählen der Sterne der Umgebung der genannten Nebel gezeigt, daß eine systematische Beziehung zwischen Nebel und Sternwüste auch zahlenmäßig nachweisbar ist, und er hat graphische Darstellungen der Sterndichte um die beiden Nebel gegeben. Die Nebel sind von Sternleeren umschlossen, die sich besonders nach einer Seite hin weithin ausdehnen, und in denen die schwächern Sterne fast vollständig fehlen, während die wenigen vorhandenen Sterne den hellern Größenklassen angehören. In den Nebelmassen selbst ist die Sternzahl so groß als sonstwo. Die Sternleeren folgen dabei so genau den Nebelrändern, daß man aus der graphischen Darstellung der Sternzahlen die Umrisse der Nebel zeichnen kann, ohne die Nebel zu sehen. Herr Kopff hat gleichzeitig gefunden, daß schon W. Herschel auf die sternarmen Gegenden in Verbindung mit den Nebelflecken hingewiesen hat.

Bis jetzt sind uns folgende Beispiele dieser Gesetzmäßigkeit näher bekannt. In Verbindung mit dem großen Orionnebel stehen die ζ Orionnebel und der Nebel NGC 2064 — 2068 und bieten dieselbe Gesetzmäßigkeit. Der Nebel Messier 8 und die von mir gefundene mehr als 10 Quadratgrad große Nebelmasse im Süden desselben ($\alpha = 18.0^h$ $\delta = -26.4^0$)[2]) gehören ebenfalls hierher, ferner der Trifidnebel (Messier 20), die ausgedehnten Nebel bei γ Scuti, bei ϱ Ophiuchi und nördlich von Antares; die Nebel bei υ Scorpii, bei ϑ Ophiuchi, bei η Carinae und, schwächer ausgesprochen, bei den Plejaden.

Vollständig verschieden hiervon sind die Verhältnisse bei andern Nebeln, deren Hauptrepräsentant der große Andromedanebel ist. Hierher gehören die vielen Spiralnebel, wie z. B. Messier 33, GC. 3249 usw., dann aber auch wohl Herrschel V 14 Cygni und anderseits die zahllosen kleinen Nebelflecken. Bei allen Nebeln dieser Gattung scheinen die Sternleeren völlig zu fehlen. Es ergibt sich mithin aus der beschriebenen Eigenschaft eine Systematik für die Einteilung der Nebel.

In diesem Winter habe ich wieder zwei hervorragende Beispiele für die Erscheinung photographiert, die mich veranlassen, hier eine kurze Mitteilung zu machen.

Das eine Beispiel ist ein großer Nebel, der zwei hellere Nebelflecken verbindet, und der sein Zentrum etwa in $\alpha = 6^h\ 28^m$

---

[1]) Publ. d. Astrophys. Obs. Königstuhl-Heidelberg, I. p. 177.

[2]) Alle Koordinaten gelten für 1855.0.

$\delta = + 10^{0}$ in Monoceros liegen hat. Die beiden Hauptverdichtungsstellen liegen in

$$\begin{array}{lllll} & \alpha = 6^{h} & 32^{m} & \delta = + & 9.8^{0} \\ \text{und} & 6 & 23 & + & 10.0. \end{array}$$

Die erste ist in Dreyers Katalog als Sternhaufen 15 Monocerotis, Herschel V 27 = NGC. 2264 bezeichnet und schon oben als Beispiel erwähnt, während die zweite, die ebenso hell und groß ist, von P. Götz hier in diesem Winter am 6-zolligen Voigtländer zum ersten Male bemerkt zu sein scheint. Die Nebel NGC. 2245, 2248 und 2261 bilden kleine Verdichtungsstellen bei hellern Sternen, von denen aus sich die Nebelmaterie in der gewöhnlichen fächerartigen Form in die allgemeine schwächere Nebelmasse verliert.

Der ganze Nebel liegt am südöstlichen Ende einer ausgedehnten unregelmäßig geformten Sternleere, die ihren Mittelpunkt etwa in dem veränderlichen Sterne BD. $+ 11.1204^{0}$ ($\alpha = 6^{h}\ 23.1^{m}$ $\delta = + 11^{0}\ 21'$) besitzt.

Das andere Beispiel ist der von Barnard zuerst gesehene, von Archenhold zuerst photographierte und von Scheiner beschriebene ausgedehnte Nebel bei ξ Persei NGC. 1499 ($\alpha = 3^{h}\ 51^{m}$ $\delta = + 35.8^{0}$). Dieser wundervolle Nebel liegt am südöstlichen Ende einer großen Sternwüste, die ihren Mittelpunkt etwa in $\alpha = 3^{h}\ 44^{m}$ $\delta = + 37.2^{0}$ liegen hat. Sie ist von Südost nach Nordost lang gestreckt und von unregelmäßigen Umrissen begrenzt. Eine zweite ähnliche Sternleere ist von dieser durch ein sternreiches Band getrennt und liegt mehr östlich. Der Nebel bildet das südöstliche Ende seiner Sternleere, und sie folgt aufs genaueste seinen Konturen.

Alle die erwähnten Beispiele haben nun eine auffallende Eigenschaft gemeinsam, die mir schon vor Jahren aufgefallen ist, und die ich an anderem Orte[1]) berührt habe. Ich möchte hier ausdrücklich und in besserer Form darauf aufmerksam machen.

Wie schon aus obigen Beschreibungen zu ersehen, liegen diese Nebelmassen weder in der Mitte der mit ihnen verknüpften großen Sternleeren, noch rings um dieselben, sondern stets am einen Rande derselben. Sie bilden das Ende der langgestreckten Sternleeren. Um jeden Nebel befindet sich zwar ringsherum, seinen Rändern genau folgend eine schmale Zone ohne Sterne; aber die großen Höhlen finden sich immer nur auf einer Seite. Die Nebel selbst stehen dabei gewöhnlich in den dichtesten Sterngebieten, während ihr einer Rand genau mit dem Ende der Sternhöhle zusammenfällt. Es läßt sich deshalb diese merkwürdige Regel so formulieren, daß die Nebel unsers Milchstraßensystems im allgemeinen den einseitigen Rand einer ausgedehnten Sternleere bilden.

Man kann deshalb schwer eine andre Möglichkeit zulassen, als daß uns diese Nebel eine sichtbare Äußerung bei jenem Prozesse

---

[1]) Akademische Rede 1898. p. 54.

darstellen, durch den die Sternleeren entstehen, und daß sie uns durch ihre Lage gegen die Höhlen die Bewegungsrichtung angeben, in welcher der Prozeß unter den Sternen fortgeschritten ist.

So scheint der Amerikanebel nach Nordosten fortgeschritten zu sein; die Orionnebel nach Nordwesten, die Monocerosnebel nach Südosten oder Süden und der ξ Perseinebel nach Südosten.«

Untersuchungen über die Gruppierung der Nebelflecke. Prof. M. Wolf hat einige wichtige Ergebnisse seiner photographischen Nebelaufnahmen veröffentlicht.[1]) Zunächst sind es seine Untersuchungen über die Nebelflecke am (nördlichen) Pole der Milchstraße, auf welche hier einzugehen ist. Bei der Verwendung von Objektiven mit großem Öffnungsverhältnis für die Aufnahme der ausgedehnten Nebel und der kleinen Planeten zeigte sich auf den Platten zu Prof. Wolfs Überraschung, wie ungemein zahlreich allenthalben am Himmel die kleinen Nebelflecken zu finden waren. Besonders ein 6-zolliges Porträtobjektiv, das ein Öffnungsverhältnis von 1:5 besaß, gab manche Gegenden des Himmels ganz besät mit solchen kleinsten Nebelfleckchen. Auf einer Platte vom 24. März 1892 mit 96 Minuten Belichtung fanden sich in einem Kreise, mit dem Radius von 1^0 um η Virginis als Mittelpunkt, nicht weniger als 130 einzelne Nebelfleckchen. Ähnliche Zahlen, wenn auch selbstverständlich nur selten so ungeheuer groß, ergaben sich an andern Stellen des Himmels und es war damit gezeigt, daß die Dubletlinsen uns den Himmel mit einer ungeheuer viel größern Zahl kleinster Nebelfleckchen erfüllt erscheinen lassen, als seither bekannt war. Gleichzeitig wurde aus den ersten Versuchen klar, daß sich diese kleinen Nebel, von denen das Auge am Fernrohre im günstigsten Falle nur vorübergehend erhaschbare Eindrücke erhält, auf der Platte mit großer Sicherheit einstellen und beschreiben ließen. Diese Erfahrungen brachten Prof. Wolf zu dem Entschlusse, den »kleinen Nebelflecken« des Himmels, ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Er begann sofort mit Aufnahmen von jenen Gegenden des Himmels, wo bekanntermaßen die kleinen Nebel am reichsten und schönsten vertreten sind. Im Laufe der nächsten Jahre wurden die Gegenden von Virgo, Leo und Coma Berenices zum größten Teile mehr als dreimal mit Platten bedeckt. Es handelte sich dann darum, die Positionen dieser ungezählten neuen Objekte zu bestimmen, und auch diese Arbeit wurde begonnen und Erfahrungen auf diesem Gebiete gemacht.

Mittlerweile wurde es Prof. Wolf durch die Hochherzigkeit der unvergeßlichen Miss Kath. Wolfe-Bruce in New-York ermöglicht, ein neues bedeutend größeres Fernrohr zu benutzen. Die Aufnahmen mit den 6-Zollern mit der kurzen Brennweite von ca. 80 *cm* gaben natürlich alle Nebel ebenso kräftig, als sie jedes größere Instrument

---

[1]) Publik. des Astrophys. Observ. Königstuhl-Heidelberg. 1.

geben konnte; allein es war oft recht schwierig, zu entscheiden, wenigstens bei den kleinsten Nebelflecken, ob man es mit schwachen Sternchen oder mit kleinsten planetarischen Nebeln zu tun hatte, Mit dem Bruceteleskop, dessen beide Objektive 202 *cm* Brennweite haben (beim selben Öffnungsverhältnis wie die beiden 6-Zoller), sind infolge dieser längern Brennweiten viel kleinere planetarische Nebel noch als solche zu erkennen und von Fixsternen zu unterscheiden. Da bei dem Bruceteleskop auch zwei gleiche Linsen vorhanden sind, so können stets 2 Aufnahmen gleichzeitig gemacht werden, was die Unterscheidung der Objekte von Plattenunreinlichkeiten wesentlich erleichtert.

Prof. Wolf hat zunächst ein Verzeichnis von 154 Nebelflecken in den Sternbildern Krebs und Luchs, in welchem er die Örter und kurze Beschreibungen der Formen gibt, veröffentlicht. Von diesen Nebeln sind nur sieben früher in seinem Generalkataloge der Nebel aufgeführt worden, die übrigen also neu entdeckt. In weitern Verzeichnissen werden jetzt die Positionen und Beschreibungen von 1528 Nebeln gegeben, die sich alle auf einer Platte finden, welche Prof. Wolf mit dem Bruceteleskop (Objektiv a) am 20. April 1901 mit 150 Minuten Belichtung erhielt. Die gleichzeitig mit dem Objektiv b aufgenommene Platte wurde nur zur Kontrolle benutzt, ebenso zwei andere am 24. März aufgenommene Platten derselben Gegend. Das Objektiv a von Brashear in Allegheny hat ca. 202 *cm* Äquivalentbrennweite bei ca. 40 *cm* freier Öffnung. Einem Grade entspricht auf der Platte eine Länge von ca. 35 *mm*. »Der schwierigste Teil der Arbeit,« sagt Prof. Wolf, »war die Bezeichnung und Kritisierung der Nebelobjekte auf der Platte. Dieselbe wurde mit der Vergleichsplatte unter der Lupe verglichen und die sicher konstatierten Nebelflecken durch kleine Tintenmarken auf der Glasseite bezeichnet. Dies geschah zuerst auf einer Platte vom 24. März und dann erst auf der für die Messung benutzten Platte. Diese Arbeit war äußerst mühevoll und zeitraubend, besonders in den Gegenden, wo die Nebel so dicht stehen, daß man keinen Raum findet, die Marken anzubringen, und wo es kaum möglich ist, die Vergleichung streng auszuführen. Jetzt ist diese Arbeit sehr erleichtert, da man den Stereokomparator dafür benutzen kann, aber bei der Bearbeitung der in Frage kommenden Platte war derselbe noch nicht gebaut.«

Die Platte umfaßt einen Teil des Himmels im Sternbilde Coma Berenices, der zwischen den Rektaszensionen $12^h\ 34^m$ und $13^h\ 2^m$ und den nördlichen Deklinationen 60 und 64.5^0 liegt. Nicht weit von der Mitte dieser Fläche liegt der gewöhnlichen Annahme gemäß der nördliche Pol der Milchstraße. In bezug auf die Helligkeitsbezeichnung der Nebel unterscheidet Prof. Wolf 12 Stufen, wobei 1 die allerschwächsten, 12 die hellsten Nebel bezeichnet. Bekanntlich hat man schon vielfach versucht, die Nebel ihrem Aussehen nach in Klassen einzuteilen. Prof. Wolf hat versucht, eine solche Klassi-

fizierung durchzuführen, um eine rasche Übersicht über die Art der Objekte zu ermöglichen und vielleicht daraus statistische Schlüsse ziehen zu können. Er teilt die Nebel in 3 Klassen ein: in regelmäßig geformte Nebel, in unregelmäßig geformte und in diffuse, ausgedehnte Nebel ohne Struktur. Darin hat er noch Unterabteilungen unterschieden, so daß folgende Bezeichnungen zustande gekommen sind:

I. Regelmäßig geformte Nebel.

I_1: rund mit zentraler Verdichtung,
I_2: rund, Verdichtung, gewundene oder spiralförmige Schwingen von der Verdichtung ausgehend,
I_3: andromedanebelartige und ovale Nebel mit zentraler Verdichtung,
I_4: planetarische und runde, kleine, diffuse Nebel ohne Kern,
I_5: längliche und ovale Nebel ohne Kern.

II. Unregelmäßig geformte Nebel.

II_1: unregelmäßige Form mit einem bevorzugten Kern,
II_2: alle übrigen unregelmäßig geformten Nebel.

III. Strukturlose Nebel.

III: alle diffus ausgedehnten Nebel ohne erkennbare Struktur.

»Trotz der Benutzung dieser Systematik«, sagt Pr. Wolf, »verhehle ich mir nicht, daß sie auf ganz schwachen Füßen steht, denn die Übergänge finden am Himmel allmählich statt, so daß eigentlich jeder Nebel eine Klasse für sich erfordern würde. Sehr oft sind die Nebel kaum mit Sicherheit einzuordnen.«

Zu den von Herschel behufs Charakterisierung der einzelnen Formen eingeführten Zeichen und kurzen Bezeichnungen hat Prof. Wolf noch neue hinzugefügt, von denen mehrere erst durch die Photographien der Nebel nötig wurden. Unter einem Arme ist ein vom Zentrum ausgehender, im wesentlichen geradliniger, nebeliger Strahl zu verstehen; er ist nicht zu verwechseln mit der Zone, die nicht in radialer Richtung verläuft.

Als Nebel von der Form des Andromedanebels sind alle solche Nebel bezeichnet worden, welche die Struktur des großen Nebelflecks in der Andromeda zeigen, wie sie aus den Photographien allgemein bekannt ist. Solche Nebel sind sehr häufig, und die Lage ihrer Achsen befolgt eine interessante Gesetzmäßigkeit, wie man weiter unten sehen wird. Mit Schwinge bezeichnet Prof. Wolf kurvenförmig gebogene, nebelige Arme meist spiraliger Form, die stets vom Verdichtungszentrum ausgehen. Unter Zone versteht er eine nicht radial verlaufende, bandförmige, geradlinige Verdichtung in einem Nebel, die gewöhnlich von einer Zone geringerer Intensität oder durch ein ganz nebelfreies Band begrenzt wird.

Der Begriff Kette ist nach Prof. Wolfs Meinung der wichtigste und interessanteste. »Eine sehr große Anzahl nebeliger Objekte und Sterne besitzt Ketten. Sie gehen immer vom Zentrum des Sternes oder des Nebels aus und verbinden oft weithin, stets kurvenförmig verlaufend, ganz entfernte nebelige Objekte miteinander oder helle Sterne mit nebeligen Objekten. Sie sind meist sehr dünn, sehen oft

aus wie helle Schlieren, dann wieder wie Fäden in der Gelatine. Oft bestehen sie aus vielen kleinsten Knötchen, die wie auf eine Schnur gereihte Perlen aussehen.«

»Einen ganz überraschenden Anblick gewähren sie unter dem Stereokomparator, durch den auch bereits in einigen Fällen erwiesen werden konnte, daß solche merkwürdigen Objekte von Platte zu Platte ungeändert bestehen bleiben und ganze Gegenden des Himmels wie mit einem Netzwerke überspinnen.«

Auf der von dem Kataloge bestrichenen Fläche des Himmels finden sich 82 Nebelflecke, welche der neue Generalkatalog der Nebel und Sternhaufen enthält. Von diesen aber sind nach Prof. Wolfs Untersuchung drei nicht zu finden, und sieben sind unsicher. An Stelle der vorhandenen 79 Nebel des N. G.-K. gibt Wolfs Katalog 1528 Positionen. Das Verhältnis der Zahl der bekannten zur Zahl der neuen Nebelflecken ist daher 1 : 19, d. h. auf einen alten Nebelfleck kommen 19 neue Nebel. Mit andern Worten, es waren 5% der Nebel in dieser allerdings sehr eifrig von d'Arrest und Bigourdan durchsuchten Gegend bereits bekannt. »Das Verhältnis«, sagt Wolf, »stellt sich also hier etwas anders wie zwischen Praesepe und Milchstraße, wo nur 2% der photographischen Nebel bekannt waren. Immerhin ist die Anzahl der Nebel und die »Nebeldichte« in der behandelten Gegend eine ungeheuer große. Besonders in den dichtesten Gegenden ist der Anblick ein ganz eigenartiger und überwältigender, um so mehr als dort diese kleinen Nebel keineswegs abnorm kleine und schwache, sondern im Gegenteile meist recht kräftige und auffallende Objekte sind.

Erst nachdem Prof. Wolf dieses interessante Nebelnest gefunden hatte, erinnerte er sich, daß dasselbe sich dicht beim Pole der Milchstraße befindet, und es trat daher die Frage hervor, ob nicht hier im kleinen nochmals eine systematische Zunahme der Nebelhäufigkeit gegen ein Zentrum hin nachweisbar sei, und ob nicht vielleicht der Pol der Milchstraße sich selbst durch Anhäufung von Nebelobjekten unmittelbar kennzeichne. Deshalb hat Prof. Wolf die Verteilung der Nebel über diese Himmelsfläche genauer untersucht. Er gibt eine Karte derselben, in welcher die Nebelhäufigkeit durch Schraffierungen angedeutet ist. Wo die Zahl der Nebelflecke auf einer Fläche von 1^m in Rektaszension und 15′ in Deklination 0—5 beträgt, ist die Fläche nicht schraffiert, wo sie 6—10 beträgt, ist sie einmal schraffiert, wo 11—20 zweimal, 21—40 dreimal und über 60 viermal schraffiert. Aus der Karte erhellt nun auf den ersten Blick, daß eine systematische Verteilung der Nebel in dieser Gegend besteht. Auch die scheinbar leeren Stellen sind noch sehr dicht mit Nebelflecken bestanden. Diejenigen Stellen, welche mehr als 5 Nebelflecken in der Flächeneinheit enthalten, sind, wie sich zeigte, in ziemlich unregelmäßiger Form über die Fläche zerstreut. Die hauptsächlichste Nebelanhäufung hat ihr Zentrum in AR = 12^h 54.0^m

NPD = 61.7°; eine zweite, aber viel schwächere, bildet eine von Süden nach Norden lange Insel, deren Mittelpunkt etwa in 12 h 40.5m und 62.5° liegt. Kleinere und unbedeutendere Inselchen liegen alle rings um den Pol der Milchstraße, dessen Lage auf der Karte durch einen Ring angedeutet ist. »Selbstverständlich«, sagt Prof. Wolf, »läßt sich von einem so komplizierten Gebilde, wie es die Milchstraße ist, kein genauer Pol angeben. Nehmen wir für denselben den Ort von Houzeau: AR = 12h 49m NPD = 62.5°, so schließen obige Gruppen einen Gürtel um diesen Pol herum. Die Hauptnebelgegend liegt aber $1^1/_2{}^0$ nordöstlich von diesem Milchstraßenpole und zwar etwa an der Stelle AR = 12h 53.5m NPD = 61° 20'. Um diesen Punkt, der also praktisch mit dem gegenwärtig für den Milchstraßenpol angenommenen Orte zusammenfällt, drängen sich nun die Nebelflecken gesetzmäßig zusammen.

Wir reden hier nur von Nebelflecken, weil sie auf den Platten so aussehen. Es können aber sehr gut auch Sternhaufen sein, die wir nicht aufzulösen vermögen. In vielen Fällen spricht sogar das Aussehen sehr für diese Annahme.

Es ist sofort zu sehen, wenn man die Tafel betrachtet, daß das Zusammendrängen der Nebel immer stärker wird, je weiter man ins Innere der Hauptinsel eindringt. Je näher man dem Punkte größter Dichtigkeit kommt, umso dichter treten auch die Nebel aneinander, so daß auf dem innersten Quadratgrade mehr als 320 einzelne Nebelflecken beisammen stehen! An der dichtesten Stelle dieses »Weltpoles« finden sich mehr als 70 Nebel auf der Fläche von $^1/_{16}$ Quadratgrad.

Wir finden also hier ein völlig gesetzmäßiges Verhalten in der Anordnung dieser fernen Welten; und dieser ungeheure Reichtum führt uns so eine Ordnung im Weltsysteme vor Augen, die sicher für die Erkenntnis des Universums von aller größter Bedeutung ist, von der wir uns aber auch zugestehen müssen, daß wir noch lange keine erschöpfende Erklärung für sie werden finden können. Es wäre interessant zu prüfen, fügt Prof. Wolf bei, ob die dichteste Stelle ($AR = 12^h\ 53.5^m\ D = +28^0\ 40'$) den Milchstraßenpol nicht besser darstellt, als der von Houzeau angegebene Punkt.

Bei der Ausmessung der Koordinaten der Nebel auf der Platte und der gleichzeitig ausgeführten Beschreibung ihrer Gestalt fiel Prof. Wolf auf, daß die meisten andromedanebelartigen Gebilde ungefähr dieselbe scheinbare Lage im Raume besitzen. Er hat deshalb nach der Fertigstellung des Kataloges alle Nebel, die als länglich bezeichnet sind, und bei denen er Positionswinkel geschätzt hatte, zusammengestellt und geordnet, um zu sehen, ob sich wirklich eine derartige Gesetzmäßigkeit entdecken läßt.

Es ergab sich in der Tat die merkwürdige Erscheinung, daß die Richtungen der meisten länglichen Nebel sich um den Positionswinkel von 60° herum gruppieren, und daß diese Erscheinung am aus-

gesprochensten ist in jener Gegend, wo die Zusammendrängung der Nebelflecke auf dem engsten Raume stattfindet, je weiter man sich vom Pole entfernt, umso mehr nimmt sie ab. Sehr richtig bemerkt aber Prof. Wolf, daß es verfrüht wäre, an dieses merkwürdige Resultat irgend welche Spekulationen zu knüpfen. Eine weitere sehr merkwürdige und mit Sicherheit auch erst auf der Heidelberger Sternwarte erwiesene Tatsache ist die, daß im allgemeinen um jeden kosmischen Nebelfleck (d. h. um die hervorragenden, soweit sie bis jetzt untersucht wurden) sich eine sternleere Zone zieht, während im Nebel selbst die Anzahl der Sterne wieder zunimmt. Schon dem ältern Herschel war etwas ähnliches aufgefallen. Auf Veranlassung von Prof. Wolf hat nunmehr A. Kopff die Verteilung der Fixsterne um den großen Orionnebel und den Amerikanebel im Schwane gemäß den Aufnahmen zu Heidelberg genauer untersucht.[1]) Auch der Nebel Messier 8 ist, wie Kopff hervorhebt, ebenso wie die mit ihm zusammenhängende, mehr als 10 Quadratgrad umfassende Nebelmasse im S desselben (die Mitte liegt bei circa $18^h\ 0^m$ und — 26.4^0) von einem sternarmen Bande umschlossen; bei dem nördlich davon gelegenen Trifidnebel (Messier 20) tritt jedoch die Erscheinung weit weniger hervor. Die ausgedehnten Nebel um γ Scuti, sowie um ϱ Ophiuchi und nördlich von Antares sind von solchen Bändern ganz durchzogen. Besonders bei letzterem sind — nach den Beschreibungen und Bildern von Barnard — die Streifen scharf begrenzt und vollständig schwarz. Sie enthalten keinen einzigen Stern; bei sorgfältiger Prüfung erscheinen sie aber mit feinen Nebeln ausgefüllt, durch welche da und dort der noch schwärzere Himmelsgrund hindurchblickt. Auch hier ist die Verbindung mit der Sternenleere um den nördlich gelegenen Nebel bei ν Scorpii ganz auffallend. Von kleinern Nebeln ist Herschel IV 74 Cephei besonders bemerkenswert. Rings um diesen Nebel zieht eine breite, beinahe sternenleere Zone, die sich nach N zu fortsetzt. Andere sternarme Stellen finden sich in der Milchstraße noch z. B. bei den Nebeln um 15 Monocerotis, südlich von α Cephei, bei ϑ Ophiuchi, bei η Carinae usw. Schwach ausgesprochen ist die Erscheinung in der Umgebung der Plejaden; nur im NE ist eine Lücke deutlich sichtbar. Allen diesen einzelnen Beispielen ist noch das eine gemeinsam: wenn nicht, wie bei ϱ Ophiuchi, eine vollständige Sternleere in den die Nebel umschließenden Sternwüsten eintritt, so gehören die wenigen vorhandenen Sterne zu den hellern, so daß in den Lücken eher eine Zunahme an hellern Sternen gegenüber der Umgebung wahrzunehmen ist. Besonders fällt dies in den Gegenden der Milchstraße auf, wo die zahllosen kleinen Sterne ganz plötzlich aufhören und dadurch die Lücke mit ihren hellern Sternen sich um so mehr vom übrigen Teile des Himmels abhebt. Diese Tatsache spricht gegen die Ansicht Ranyards, daß die Lücken durch vor-

[1]) Publikation d. astro-phys. Observat. zu Heidelberg 1. p. 177 u. ff.

gelagerte dunkle Wolken zustande kommen. Aber schon das gemeinsame Auftreten von Nebel und Sternleere macht einen engen Zusammenhang beider sehr wahrscheinlich. Der langsam weiterziehende Nebel hat — um die Worte Herschels zu gebrauchen — »die umliegenden Himmelsräume verwüstet«, er hat die kleinen Sterne auf seiner Bahn verschlungen und neue, größere wieder gebildet. Nebel, große und kleine Sterne liegen alle in ziemlich derselben Entfernung von unserem Sonnensysteme. Als ein gemeinsames Ganzes, das sich umgestaltet und entwickelt nach uns unbekannten Gesetzen, sind sie Teile eines einzigen Systems. Vollständig verschieden sind die Verhältnisse bei andern Nebeln, deren Haupttypus der Andromedanebel bildet. Bei ihnen ist von einer Abnahme der Sterne um den Nebel nichts wahrzunehmen; die umliegenden Sterne scheinen ohne jeden Zusammenhang mit dem Nebel oder Sternhaufen zu stehen. Zu dieser Art gehören außer dem Andromedanebel, um nur einige Beispiele anzuführen, noch der Spiralebel in Triangulum (Messier 33), der Crabnebel im Taurus, der lang ausgedehnte Nebel Herschels V 19 Andromedae, der prachtvolle Nebel G.-K. 3249 oder auch die formlose Nebelmasse Herschels V 14 Cygni. Man hat es also hier mit zwei ganz verschiedenen Gattungen von Gebilden zu tun: mit Nebeln, die zu unserem Systeme gehören und mit den umliegenden Sternen in engster Verbindung stehen, und mit Gebilden, die möglicherweise mit unserem Systeme nichts zu tun haben. Über den Zusammenhang der Nebelflecke mit den umliegenden Räumen kann uns so die Art der Verteilung der Fixsterne um diese Nebel noch am leichtesten einigen Aufschluß geben.

Aus diesem Grunde hat A. Kopff genaue Abzählungen der Sterne um den Orion- und Amerikanebel vorgenommen und gibt darüber Tabellen und Zeichnungen. Wir geben hier die Endresultate: »Es findet sich unmittelbar, daß der Orionnebel von einer sternarmen Zone umgeben ist. Sie verbreitert sich gegen SE auffallend und erstreckt sich, wie aus andern Aufnahmen zu ersehen ist, weit über die dargestellte Fläche hinaus, indem sie sich nach S wendet. Allenthalben finden sich darin Spuren von nebligen Wolken, die stellenweise ziemlich kräftig hervortreten. Gegen NW teilt sie sich in 2 Arme, von denen der nördlichere noch in der nordwestlichen Ecke der Karte bemerkbar bleibt. Beide Arme sind durch ein Band feiner Sterne getrennt, das die Nebelmasse mit den außen liegenden Sternen verbindet. Im E und NE sind größere sternarme Stellen. Unmittelbar im N des Orionnebels nimmt die Sternendichte zu; hier befindet sich eine Gruppe heller Sterne, und erst nördlich von diesen ist die wenn auch etwas schwächere Abnahme wahrzunehmen.

In der NE-Ecke des untersuchten Gebietes befindet sich wieder eine Sternenleere, bedingt durch die südlichsten Teile des Nebels um ζ Orionis. Beide Gegenden sind durch einen Streifen mit verhältnismäßig wenigen Sternen (weniger als 20 im Quadrat) miteinander

verbunden. Beide Nebel scheinen darnach also im Zusammenhange miteinander zu stehen; tatsächlich zeigt die photographische Untersuchung der Gegend eine feine Nebelmasse, vom Nebel um ζ Orionis ausgehend', die sich in einem nach SE ausgebogenen breiten Bande in den Orionnebel erstreckt. Auf der Karte gibt sich dieses Nebelband durch eine mäßige Zunahme der Sterne zu erkennen.

Sogar die Verbindung beider Nebel tritt also in der Verteilung der Sterne der Umgebung hervor, so daß ein Schluß auf die innere Zusammengehörigkeit von Nebel und Sternenleere keinem Zweifel unterliegt.«

Was den Amerikanebel anbelangt, so ergab sich, daß der Nebel rings von sternärmern Gegenden umschlossen wird, die für sich allein fast genau dieselben Umrisse geben, wie sie der Nebel selbst auf der Photographie zeigt. Schon beim bloßen Betrachten der Photographie tritt die Sternleere um den Nebel ohne weiteres hervor, so daß es wenigstens für diesen Schluß kaum der mühsamen Abzählung bedurft hätte.

»Das interessanteste und für die Zukunft vielleicht wichtigste Resultat der Abzählung ist, daß dieser Nebel, obwohl er rings von Sternwüste umgeben ist, ebenso wie der Orionnebel nicht in der Mitte der Sternwüste liegt, sondern daß beide Nebel nahe am Ende derselben stehen. Der Orionnebel nahe dem nordwestlichen Ende, der Amerikanebel nahe dem nordöstlichen Ende seiner Sternwüste.

Der ganze südwestliche Teil der abgezählten Gegend enthält dementsprechend nur wenige Sterne, und diese Lücke breitet sich noch weiter gegen α und γ Cygni aus. Am Amerikanebel selbst findet eine so plötzliche Zunahme der Sterne statt, daß auf der Karte die Grenze zwischen der Anzahl unter und über 20 Sternen mit der Form des Nebels zusammenfällt. Im NW und N ist ebenfalls eine Abnahme der Sterndichte zu bemerken; 2 Lücken mit weniger als 20 Sternen im Quadrate treten besonders deutlich hervor. Von S zieht anderseits die Sternenleere in nordöstlicher Richtung den Nebel entlang und läßt ihre zwei nach NE und NW gerichteten Ausläufer in der NE-Ecke der Karte erkennen. Ein ziemlich breites Band, das bis zu 100 Sterne im Quadrate enthält, stellt im N die Verbindung des Nebels mit den umliegenden Sternen her. Im S des Nebels ist die Sternenleere durch eine mäßige Zunahme der Sternendichte unterbrochen. Im Innern des Nebels nimmt die Anzahl der Sterne sehr stark zu.

Wir finden so beim Amerikanebel dieselben Gesetzmäßigkeiten wie beim Orionnebel, die darauf hindeuten, daß ein ganz enger, innerer Zusammenhang zwischen unsern Fixsternen und diesen Nebelmassen besteht.«

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Über die Polhöhenschwankung hat Prof. Dr. R. Schumann einige Untersuchungen veröffentlicht.[1]) Den Einfluß von Massenbewegungen auf und auch in dem Erdkörper auf die Achsenlage haben Darwin, Delaunay, Gyldén, Helmert, Hennessy, Hopkins, Spitaler, Thomson u. a. untersucht. Unter Heranziehung gewisser Vorgänge in der zugängigen Erdoberfläche, namentlich von meteorologischen Einflüssen und Massentransporten, sind mehrfach Erklärungen für die Polhöhenschwankung unternommen worden. Über die Konstitution des Erdinnern hat Wiechert eingehende Untersuchungen angestellt, deren Heranziehung zu einer Erklärung für das genannte Phänomen dem Verf. nicht von vornherein so aussichtslos erschien, daß nicht wenigstens ein Versuch gewagt werden dürfte. Wiechertist der Idee einer Zweiteilung des Erdkörpers näher getreten und gelangt am Schlusse seiner Arbeit zu der plausiblen Vorstellung: »daß die Erde aus einem Eisenkerne von etwa 10 Millionen Meter Durchmesser besteht, den ein Gesteinsmantel von etwa $1^1/_2$ Millionen Meter Dicke umgibt. Der Mantel beansprucht etwa $^1/_5$ des Erdradius. Dem Volumen nach kommt er dem Kerne etwa gleich, der Masse nach steht er weit zurück, denn hier ist das Verhältnis 2:5.

Wiechert kam zu dem weitern Ergebnis, daß der Raum zwischen Kruste und Kern nur eine plastische Schicht von verhältnismäßig geringer Dicke sein kann. Die Möglichkeit von Verschiebungen zwischen den beiden Körpern, sagt Prof. Schumann, ist nicht ohne weiteres abzuweisen; die Kruste treffen die äußern Stöße und Widerstände, und auf ihr finden Massentransporte teils periodischer, teils fortschreitender Art statt. Sind ferner die Abplattungen verschieden, so entsprechen den beiden Körpern verschiedene Nutationen. Läßt die »plastische Schicht« überhaupt Verschiebungen zu, so kann die Wiechertsche Hypothese wohl auch zur Erklärung dauernder, relativer Schwerpunktsverlegungen dienen, die, verbunden mit dem Aufhören eigener Rotation und ohne äußere Formveränderung zu verursachen, bei einigen Planeten vermutet werden.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3877.

Unter der Annahme, daß zwischen den Gravitationszentren zweier solcher (von Kugelflächen begrenzter) Körper Verschiebungen von der Größenordnung 5 *m* (oder $^1/_{1800000}$ des Erdradius) möglich sind, untersucht nun der Verfasser, wie aus zweckmäßig angeordneten Beobachtungen auf der Krustenoberfläche solche Verschiebungen erkannt werden können, wobei er von der täglichen Drehung absieht.

Das Ergebnis ist, daß unter gewissen Verhältnissen solche in der Tat nachweisbar werden.

Die Messung des Erdbogens zwischen der Fundy-Bai und dem Golfe von Mexiko. Über dieses große von der Regierung der Vereinigten Staaten angeordnete und jetzt glücklich durchgeführte Unternehmen liegt der eingehende Bericht nebst den Rechnungsergebnissen vor.[1]) Eine kurze kritische Übersicht des Inhaltes desselben unter Berücksichtigung der frühern Arbeiten ähnlicher Art aber geringern Umfanges gibt Prof. E. Hammer,[2]) der das Folgende entlehnt ist. Der schief zu Meridianen und Parallelkreisen liegende Erdbogen hat folgende Endpunkte: 45° 11′ 9,4″ Br., 67° 16′ 57,9″ w. L. (bei Calais in Maine am St. Croix River, der kanadischen Grenze gegenüber) und 29° 57′ 24.4″ Br., 90° 4′ 24.4″ w. L. (bei New-Orleans in Louisiana). Die geodätische Linie zwischen diesen beiden Punkten ist rund 2612 *km* (gleich $23^1/_2{}^0$) lang und hat (von S über W gezählte) Azimute von rund 57° 31′ im nördlichen und 223° 22′ im südlichen Endpunkte. Sie durchschneidet die Gebiete von 16 Staaten der Union. »Auf die Verwendung von Gradbogenmessungen, die weder einem Meridian noch einem Parallelkreise der Erde folgen, zur Bestimmung der Erdfigur hatte schon Tobias Mayer hingewiesen, aber erst Bessel hat die »Gradmessung in Ostpreußen« als erstes Beispiel dieser Art ausgeführt. Vor der Möglichkeit der scharfen Längenunterschiedsbestimmungen mit Hilfe des elektrischen Telegraphen standen Parallelkreisbögen und schiefe Bögen mit Recht nicht in hohem Ansehen bei den Geodäten; heute ist dieses Urteil nicht mehr gerechtfertigt, und besonders sind schief liegende Bögen von genügender Ausdehnung ganz geeignet zur Ableitung der Elemente eines »Spezialellipsoids«, das die Krümmung der Erdoberfläche auf dem von jenem Bogen überzogenen Teile der Erdoberfläche darstellt.

Die ganze hier vorliegende Arbeit ist aus dem Wunsche und Bedürfnisse entstanden, die kleinen Triangulationen zur Aufnahme der Häfen u. s. f. längs der atlantischen Küste durch eine Haupttriangulierung untereinander in systematische Verbindung zu bringen; und von Anfang an stand als Ziel auch der Ausbau dieser Messung zu einer Gradmessung fest. Volle 2 Drittel des vorigen Jahrhunderts, 1833—1898, haben die Feldarbeiten gewährt.

[1]) The eastern oblique Arc of the United States and osculating Spheroid. Washington, Government Printing Office. 1902.

[2]) Petermanns Mitteilungen 1903. [64].

Die Triangulierung stützt sich auf 6 Grundlinien, die dem Bogen entlang etwas ungleichförmig verteilt und zusammen rund $68^1/_2$ *km* (= $^1/_{38}$ der Längenerstreckung der Triangulierung) lang sind. Die durchschnittliche Länge einer Basis ist also 11.4 *km*, sehr beträchtlich; die kürzeste ist die Kent Island-Grundlinie mit rund 8.7 *km* (1844 von Ferguson gemessen), die längste die Massachusetts-Grundlinie mit 17.8 *km* (ebenfalls 1844 von Blunt gemessen). Die Horizontalwinkelmessung geschah mit 30 *cm*-Theodoliten und dem 75 *cm*-Theodolit; der wahrscheinliche Fehler einer beobachteten Richtung geht in den verschiedenen Netzteilen von $\pm$ 0.26″ (in den Neuengland-Staaten) bis zu $\pm$ 0.79″ (in Georgia und Alabama), im Mittel beträgt er $\pm$ 0.51″. Für genügende Verstrebung der Verbindungen ist überall gesorgt; die Zahl der Dreiecke ist 483. Zum Zwecke der Ausgleichung ist das ganze Netz in dreizehn einzelne Stücke zerbrochen worden. Die (geodätischen) geographischen Positionen der Dreieckspunkte sind mit Zugrundelegung des Clarkeschen Ellipsoids von 1866 berechnet.

An astronomischen Bestimmungen sind vorhanden: 71 Breitenstationen, 17 Längenunterschiede und 55 Azimutstationen. Die Polhöhen sind fast sämtlich mit dem Zenitteleskop (Horrebow-Talcotts Methode) bestimmt, die Längendifferenzen alle mit Hilfe des elektrischen Telegraphen, die Azimute meist durch Messung von Horizontalwinkeln zwischen dem Polarsterne und einer vom Standpunkte ausgehenden terrestrischen Richtung. Die wahrscheinlichen Fehler der geographischen Längen der 17 Punkte gehen über $\pm$ 1.3″ ($\pm$ 0.1 ^{s}) nicht hinaus und sinken bis auf $\pm$ 0.75″ ($\pm$ 0.05 ^{s}).

Am meisten Interesse bieten weitern Kreisen ohne Zweifel die Ergebnisse des IV. Abschnittes: Ableitung eines oskulierenden Ellipsoids für den von dem Bogen überspannten Teile der Erdoberfläche. Mit verschiedenen Annahmen über das Gewicht der Azimutgleichungen werden vier verschiedene solche Ellipsoide abgeleitet, deren große Halbachsen zwischen

6 377 966 und 6 378 208 *m* liegen

(der wahrscheinliche Fehler ergibt sich je zu rund $\pm$ 90 *m*) und für die der Abplattungsnenner zwischen

307.6 und 303.7

(mit einer wahrscheinlichen Unsicherheit von je $\pm$ 2) liegt. Das dritte dieser Ellipsoide mit

$$a = 6\,378\,157 \pm 90\ m \text{ und } \frac{a}{a-b} = 304.5 \pm 2$$

wird als das beste angesehen; seine große Halbachse ist nur wenig kleiner als die der Clarkeschen Ellipsoide von 1866 und 1880 und wenig größer als die des Ellipsoids von Harkneß (aber 760 *m* länger als Bessels a, das bekanntlich in der Tat sicher um 0.7 oder 0.8 *km* zu kurz ist), die Abplattungsreziproke ist aber wesentlich größer

(die Abplattung kleiner) als bei Clarke (295—293), sogar noch ziemlich größer als bei Bessel (299) und bei Harkneß (300).

Immerhin zeigt sich auch hier wieder, daß große Abweichungen zwischen den Dimensionen solcher Ellipsoide, die der Krümmung eines bestimmten kleinen Stückes der Erdoberfläche sich am besten anpassen, und einem Erdellipsoid, das sich der Form der ganzen mathematischen Erdoberfläche am genauesten anschmiegt, nicht vorhanden zu sein scheinen.«

Schwerebestimmungen in Württemberg.[1]) Während der Monate März und April 1902 wurden auf 10 Stationen, die in ungefähr 15 *km* gegenseitigem Abstande nahe auf dem Pariser Parallelkreise gelegen sind, Schwerebestimmungen mittels zweier Pendel ausgeführt, während zwei andere Pendel zu den gleichzeitigen Beobachtungen in Stuttgart zurückgelassen waren.

Die Beobachtungen sind während der Nachtstunden von 9 bis 3 Uhr in Kellerräumen angestellt worden, deren Auswahl und Ausstattung mit einem Pendelpfeiler an den betreffenden Orten schon während des vorangegangenen Herbstes vorgenommen worden war.

Die östlichste Station (Bopfingen) an der Grenze des Ries (Nördlingen) liegt noch auf vulkanischem Untergrundgesteine. Die folgenden Stationen gegen Westen liegen auf Jura und Keuper, wogegen die zwei letzten Stationen der Reihe (Herrenalb und Liebenzell) auf den Sandsteinen des Schwarzwaldes sich befinden. Am höchsten über dem Meere liegen die äußern Stationen im Osten und Westen, am niedrigsten die mittlern. Die folgende Tabelle gibt nach K. R. Koch für die einzelnen Orte die Höhe, die beobachtete Schwere, die Reduktion auf Meereshöhe und die Abweichung der reduzierten Schwere gegen die theoretisch berechnete:

Station	Höhe	Schwere	Reduktion	Abweichung
Bopfingen . .	464.8 *m*	9.80885 *m*	+ 0.095 *cm*	+ 0.033 *cm*
Aalen . . .	428.6	9.80885	+ 0.087	+ 0.027
Unterböbingen	388.5	9.80895	+ 0.077	+ 0.028
Lorch . . .	283.5	9.80911	+ 0.058	+ 0.028
Schorndorf .	252.6	9.80915	+ 0.052	+ 0.025
Cannstadt . .	227.6	9.80926	+ 0.044	+ 0.028
Stuttgart . .	247.3	9.80915	—	—
Leonberg . .	384.2	9.80893	+ 0.074	+ 0.026
Heimsheim .	409.0	9.80885	+ 0.081	+ 0.024
Liebenzell . .	334.5	9.80896	+ 0.069	+ 0.026
Herrenalb . .	359.6	9.80912	+ 0.077	+ 0.048

Im allgemeinen sind also die Schwereverhältnisse auf dem gewählten Parallelkreise innerhalb Württembergs ziemlich regelmäßig;

[1]) Veröffentlichungen der Kgl. württemb. Kommission für internationale Erdmessungen. Jahrbuch des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg 1903. Naturw. Rundschau 1903. p. 291.

nur Herrenalb weicht stärker ab, was mit der Lage dieses Ortes in der Sohle eines tiefen Schwarzwaldtales (die umliegenden Berge sind 350—500 *m* höher) zusammenhängen mag.

Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane. Wie bereits im 12. Bande dieses Jahrbuches[1]) mitgeteilt wurde, hat Prof. Dr. Hecker durch Beobachtungen an Barometern und Siedethermometern Bestimmungen der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozeane ausgeführt. Die definitive Berechnung dieser Beobachtungen ist nun beendigt und publiziert.[2])

Als endgültige Werte von Δg für Flachsee—Tiefsee wurden ermittelt, ausgedrückt in Höhe des Quecksilberbarometers:

	mm	*mm*
für die Ausreise:	$+0.017$	± 0.015
für die Heimreise:	$+0.048$	± 0.034.

Die mittlern Fehler sind so angegeben, wie sie sich aus der Addition der letzten Normalgleichungen bei der Ausgleichung aller Barometer für die Ausreise und ebenso für die Heimreise ergeben. Es bestätigen also auch die Beobachtungen auf der Heimreise die Hypothese von Pratt von der isostatischen Lagerung der Massen der Erdkruste für dieses Gebiet des Atlantischen Ozeanes. Im Mittel ergibt sich der Endwert, ausgedrückt in Störung Δg der Schwerkraft in Zentimetern. Δg für Flachsee—Tiefsee $= + 0.028$ *cm* ± 0.018 *cm*.

Über die Reduktion der auf der physischen Erdoberfläche beobachteten Schwerebeschleunigungen auf ein gemeinsames Niveau machte Prof. Helmert in der Preuß. Akademie der Wissenschaften[3]) weitere Mitteilungen. In derselben wird die übliche Reduktion auf das Meeresniveau mit der normalen Höhenreduktion empirisch, sowie theoretisch aus der Gleichgewichtstheorie der Erdkruste begründet; dagegen die neuerdings vorgeschlagene Reduktion auf ein die höchsten Berge überragendes Niveau als unzweckmäßig erwiesen.

Letzterer Vorschlag ist von Brillouin gemacht worden, der die Reduktion auf ein in 10 *km* Meereshöhe gelegenes Niveau empfahl. Prof. Helmert behandelt bei dieser Gelegenheit auch die Gleichgewichtstheorie von Pratt und gelangt zu einem neuen Nachweise für die Zulässigkeit der Annahme, daß die kontinentalen Erhebungen über das Meeresniveau nach Pratts Hypothese unterirdisch durch Defekte der Dichtigkeit nahezu ausgeglichen sind, oder, anders ausgedrückt: daß sie im wesentlichen durch Massenverschiebungen aus einer ursprünglich homogenen, bezw. homogen geschichteten Erdkruste entstanden sind.

---

[1]) S. 157.

[2]) Vgl. Veröffentl. des K. Preuß. geodätischen Protokolls N. F. 13. Potsdam 1903.

[3]) Sitzungsber. d. K. Preuß. Akad. d. W. 1903. 31.

Oberflächengestaltung.

Gesetzmäßig wiederkehrende Höhenverschiebungen von Nivellementsfestpunkten behandelte W. Seibt.[1]) Im Jahre 1897 zeigten sich zum ersten Male die merkwürdigen Erscheinungen, und zwar bei Festlegung der selbsttätigen Gezeitenpegel an der Unterelbe bei Cranz und bei Brunshausen, daß die zur Aufstellung der Pegel dienenden Häuser und die an ihnen befindlichen Höhenbolzen, wie auch die Nullmarken der Pegellotvorrichtungen bei Niedrigwasser eine um einige Millimeter andere Höhenlage hatten als bei Hochwasser. Im folgenden Jahre wurde gefunden, daß die Höhenverschiebungen periodisch wiederkehren und genau dem Wasserstande entsprechend eintreten. An beiden Punkten bewirkt das Ebben des Wassers ein allmähliches Heben, die Flut ein allmähliches Sinken des Pegelhauses.

Die Amplitude der Schwankungen beträgt etwa 3 *mm*, Beobachtungen im Mai 1901 bestätigten diese Ergebnisse vollständig. Eine genügende Erklärung ist dafür noch nicht zu geben. Seibt glaubt, daß in der Erscheinung die elastische Nachgiebigkeit des Untergrundes der im Wasser erbauten Pegelhäuser zum Ausdrucke komme. Endlich ergab sich auch noch, daß an den beiden genannten Punkten eine fortschreitende Senkung des Bodens von einigen Millimetern pro Jahr stattfindet.

Die Felsbildungen der sächsischen Schweiz waren Gegenstand einer Darlegung von Alfred Hettner.[2]) Diese Felsbildungen sind durch ihren eigentümlichen Charakter weithin bekannt. »Überall treten dem Beschauer dort die seltsamsten, barocksten Felsgebilde entgegen: wabenartige Zerfressungen der Felswände, Nischen, Höhlen, Überhänge, Tore von den kleinsten bis zu recht beträchtlichen Ausmaßen, schmale Felsmauern und isolierte Felspfeiler und Felsblöcke, oft wunderlich modelliert, so daß eine kindliche Phantasie darin das Gesicht Napoleons oder die Form einer Gans, eines Lammes, eines Kamels, einer Lokomotive entdeckt. Die Täler oder „Gründe“ wenigstens des rechten Elbufers haben steile, oft beinahe senkrechte Felswände, an denen die Pflanzen nur mit Mühe haften. Die meisten Gipfel sind ausgesprochene Tafelberge, sogenannte Steine, bei denen sich eine Felskrone von einem sanfter geneigten Fußkegel abhebt. In andern Teilen finden wir ausgedehnte Felsplatten, die in steilen, durch Felskessel und Felsrippen reich gegliederten Wänden abfallen.

---

[1]) Zentralblatt der Bauverwaltung, herausgegeben im Ministerium der öffentl. Arbeiten. Berlin 1902.

[2]) Geograph. Zeitschr. 1903. 9. p. 608.

Die Steine und die Felsmauern erheben sich über weit ausgedehnten wagerechten oder sanft abgedachten „Ebenheiten", in die wieder die Täler eingesenkt sind. Besonders im untern Teile der sächsischen Schweiz sind diese Ebenheiten deutlich ausgebildet, und man sieht hier mehrere Ebenheiten von verschiedener Höhe mit Landstufen aneinander treten.«

Diese merkwürdigen Felsbildungen, die zum Teile an die Cañons des Coloradogebietes erinnern, beruhen auf der Beschaffenheit des Quadersandsteines, der in unserem feuchten Klima ähnliche Formen hervorruft, wie in der Wüste die Trockenheit des Klimas. Jedenfalls hat bei der Herstellung der sächsischen Schweiz das Wasser eine Hauptrolle gespielt, wenngleich anders als bei den meisten deutschen Mittelgebirgen. »Die Zerstörung der sächsischen Schweiz durch die Gewässer,« sagt Hettner, »stimmt mit der der übrigen deutschen Mittelgebirge darin überein, daß sie nur ganz allmählich von den durch die Verwerfungen und Flußlinien gegebenen Tiefenlinien aus ins Innere vordringt, sie unterscheidet sich aber von den meisten dadurch, daß dieses Vordringen nicht mit trichterförmigen, sondern, ähnlich wie in der Wüste, mit kesselförmigen Einsenkungen erfolgt. An Stelle flacher Böschungen, die durch Trichter und dazwischen liegende gerundete Bergrippen gegliedert sind, sind darum Felswände mit Felskesseln und dazwischen sich vorstreckenden Felsmauern die vorwaltenden Formen. Die erhalten gebliebenen Stücke der ursprünglichen Tafelfläche, mögen sie noch eine weite Flächenausdehnung haben oder länglich gestreckte Rücken oder einfache Berge bilden, sind stets durch solche Felswände begrenzt und sind daher je nachdem Tafelmassen, die an den Rändern in wirre Felsreviere aufgelöst sind, oder Felsmauern oder Tafelberge, sogenannte Steine, bei denen sich eine Felskrone von einem Fußkegel absetzt. Felsmauern, die auf beiden Seiten von Kesseln angegriffen werden, zeigen Einsattlungen, die nach den beiden Seiten aber nicht allmählich, wie bei gewöhnlichen Kämmen, sondern treppenförmig ansteigen. An der Spitze einer zwei benachbarte Kessel trennenden Felsmauer stehen häufig isolierte Felssäulen oder Felspfeiler oder, in größerem Maßstabe, eigentliche Vorberge, die immer die Form von Steinen haben. Am Fuße der Tafelmassen und Tafelberge breiten sich sanftwellige Felsplatten aus, die aus der Zerstörung hervorgegangen sind; die niedrigen Bodenschwellen entsprechen den ehemaligen Felsmauern.«

In der sächsischen Schweiz erfolgt die Abtragung also nach ähnlichen Gesetzen, wie sie Powell und Dutton für das Cañongebiet des Colorado entwickelt haben: an den Seiten der Verwerfungen und Tallinien bilden sich Felskessel aus, sie vergrößern sich allmählich nach den Seiten und nach hinten, die trennenden Felsrippen werden zerstört, und flache Schwellen treten an ihre Stelle, die Felswände im ganzen weichen nach hinten zurück (Recession of Cliffs), die ursprüngliche Tafel wird immer kleiner und verliert immer mehr den

Zusammenhang, vielfach bleiben nur noch einzelne Felsmauern und Tafelberge davon übrig, bis auch sie verschwinden, und eine flach gewellte Oberfläche zurückbleibt. Es ist eine besondere Form des allgemeinen Vorganges der Einebnung der Gebirge, der Peneplanation, wie man heute oft mit einem von W. M. Davis eingeführten Ausdruke sagt, der Abrasion, wie man, eine zunächst allerdings für die Brandungswirkung geschaffene Bezeichnung v. Richthofens erweiternd, sagen könnte.«

Eine ganz klare Vorstellung von dem Vorgange der Abtragung ist aber nach Hettner noch nicht zu gewinnen, der letzte Schlüssel für das morphologische Verständnis der sächsischen Schweiz fehlt uns noch. »Ihrem innern Baue nach«, sagt Hettner, »ist sie ein Block von Sandstein, mit schwachen aber bedeutsamen Zwischenschichten von Pläner und Mergel. Im Meere der obern Kreide abgelagert, wurde sie gegen den Schluß der Kreidezeit über den Meeresspiegel gehoben und in der Mitte der Tertiärzeit von großen Dislokationen betroffen, die teils der sudetischen, teils der erzgebirgischen Streichrichtung folgen. Ob das Land in der ältern Tertiärzeit Tiefland oder zu größerer Höhe gehoben war, und welche Fortschritte die Abtragung schon gemacht hatte, können wir nicht sagen; in der Hauptsache gehört die Abtragung wohl erst der Zeit nach der Dislokation oder wenigstens nach der im sudetischen Sinne erfolgten Dislokation, d. h. nach dem Einsinken des Quadersandsteinblockes zwischen Erzgebirge und Lausitzer Platte, an, da der Sandstein überhaupt nur in dieser Einsenkung erhalten, auf der Lausitzer Platte und dem Erzgebirge dagegen abgetragen ist, und da auch die Landstufen ungefähr in der Richtung der durch die sudetische Dislokation bewirkten Schichtenneigung verlaufen. In der Bildung dieser Landstufen und Ebenheiten, die in Abhängigkeit vom Gesteinswechsel erfolgt ist, haben wir im ganzen wohl die älteste noch heute in Betracht kommende Tatsache der Ausgestaltung des Bodens durch äußere Kräfte zu erblicken. Auch die Zerstörung innerhalb des den nordöstlichen Teil der sächsischen Schweiz einnehmenden obern Quadersandsteines hat damals selbstverständlich schon eingesetzt, ist aber, wie es scheint, erst später mit der Ausbildung der Talterrasse der Kamnitzelbe und ihrer Zuflüsse und der darauf gerichteten Ebenheiten zu einem vorläufigen Abschlusse gelangt. Diesen Zustand hat die sächsische Schweiz in der großen Eiszeit gehabt. Danach hat — die Ursache muß dahingestellt bleiben, vielleicht hängt sie mit dem Eintritte der böhmischen Elbe zusammen — die Erosion weiter in die Tiefe schneiden können; aber dieser Vorgang ist noch nicht weit gediehen, er beschränkt sich der Hauptsache nach noch auf die Bildung von Gründen und Schluchten. Darum heben sich in der östlichen sächsischen Schweiz 2 Höhenzonen, eine obere der über größere Flächen sich erstreckenden Zerstörung, der über großen Felsplatten aufsteigenden Felsreviere und Tafelberge, und eine untere der nur

in einzelnen Linien erfolgten Zerstörung, der Gründe, deutlich voneinander ab. Es ist aber nur ein Gegensatz im Betrage, nicht in der Art der Zerstörung. Es liegt kein Grund vor, daraus auf einen Wechsel des Klimas zu schließen. Die eigentümliche Art der Bodengestaltung der sächsischen Schweiz ist nicht im Klima, sondern in der Gesteinszusammensetzung begründet; ihre Felsbildungen sind nicht, wie die der Wüste, die Folge einer Trockenheit des Klimas, sondern der Trockenheit des Bodens.

Über Bergstürze im norddeutschen Flachlande machte Prof. Jentzsch in der deutschen geologischen Gesellschaft Mitteilungen. Ein langsam fortschreitender Erdrutsch findet sich bei Darkehmen in Ostpreußen, über den Nachrichten seit 1811 vorliegen. Das Abrutschgebiet liegt am rechten Ufer der Angerapp und hat die dort entlang führende Fahrstraße, sowie ein Wohnhaus zerstört, auch Bäume fortgerissen. Solche Erdbewegungen sind an Steilgehängen außerordentlich verbreitet, am häufigsten an jetzigen oder frühern Prallstellen der Flüsse bei Ton und Tonmergel. Neben diesen langsamen Erdbewegungen kommen auch schnelle Massenbewegungen vor, so 1878 am rechten Ufer des Memelstromes, 10 *km* östlich von Tilsit. Dort hatte der Strom bei Eisgängen und Hochfluten den Fuß der Talböschung nach und nach so weit abgetragen, daß die geringe abnagende Tätigkeit des Flusses im Sommer jenes Jahres genügte, um den Sturz plötzlich auszulösen. Wie Prof. Jentzsch vermutet, hat dabei Quellenbildung die Wirkung des Stromes unterstützt. Durch ähnliche, wenn auch kleinere Abstürze sind offenbar die zackenförmigen Klippen von Geschiebemergel entstanden, welche das Weichselufer zahlreich aufweist. Einen noch frischen Sturz sah Prof. Jentzsch im Juni 1900 an der Danziger Bucht nordöstlich von Hochredlau. An der Oberkante stehend, schaut man dort hinab in einen Kessel mit kraterähnlich abfallenden Steilwänden, während der Boden desselben von einem schwer betretbaren Gewirre größerer und kleinerer Erdschollen und hinabgestürzter Bäume und Sträucher bedeckt ist. Unterhalb Schwetz am linken Ufer der Weichsel findet man einen der größten Bergstürze des Flachlandes, dessen Datum aber nicht bekannt ist. Überhaupt bestehen dort viele alte Sturzgebiete; einige davon sind so ausgedehnt, daß sich auf ihnen Wohnhäuser und Gärten, ja kleine Äcker finden. Wie in Ostpreußen, so sind auch an andern Strömen und Flüssen des norddeutschen Flachlandes ältere und jüngere Bergrutsche viel verbreitet, und sie bilden einen wesentlichen Teil der Vorgänge bei der Vertiefung und Verbreiterung der Täler. — Im Siebengebirge am Rhein hat das Unwetter am 3. Juni vielfache Erdrutschungen verursacht. Sehr deutlich treten diese dem Wanderer im Nachtigallentale vor Augen, wo die Gehänge des Weges gegen den Bach hin vielfach abgestürzt sind, und Längsrisse im Boden weitere Abstürze in Aussicht stellen.

Über die Entstehung und Wanderung der Dünen hat O. Baschin an der Nordseeküste Beobachtungen angestellt,[1]) und zwar in der Nähe des Seebades Fanö. Aus seinen Messungen geht hervor, daß die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung der dortigen kleinen Dünen sehr beträchtlich ist und bis zu 3 *m* pro Tag beträgt. Der Grund dafür, daß die hohen Wanderdünen langsamer vorrücken als niedrige Dünen, liegt einfach darin, daß unter sonst gleichen Bedingungen bei einer hohen Düne eine längere Zeit erforderlich ist, um an der Leeseite so viel Material anzuhäufen, daß eine merkliche Vorwärtsbewegung des Dünenkammes eintritt, als bei einer niedrigen.

Die Sandzufuhr durch den Wind ist ja bei hohen und niedrigen Dünen die gleiche, aber bei einer zehnmal höhern Düne muß die zehnfache Menge Sand auf der Leeseite abgelagert werden, um ein Vorrücken um den gleichen Betrag zu ermöglichen, so daß also die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung direkt proportional der Höhe der Düne ist.

Auch die Form der Barchane läßt sich unter dem gleichen Gesichtspunkte leicht erklären. Bei jeder Sandanhäufung werden nämlich die nach der Mitte zu gelegenen höhern Teile langsamer in der Richtung des Windes fortschreiten, als die peripherischen niedrigern Partien, so daß sich aus einer rein kegelförmigen Sandanhäufung bei konstanter Windrichtung ein vollständig symmetrischer, typischer Barchan entwickeln muß.

Eine besondere Eigentümlichkeit der Dünen ist bekanntlich der kurze, fast senkrechte Steilabfall, der den obersten Teil der Leeseite bildet und dem Dünenkamme die Form eines scharfen Grates verleiht. Bertololy[2]) hebt hervor, daß bisher noch keine befriedigende Erklärung dieses Profils gegeben worden ist; er versucht, den Steilabfall dadurch zu erklären, daß er annimmt, der Luftwirbel, der sich an der Leeseite der Düne um eine horizontale Achse bilde, sei imstande, durch Erosion einen steilen, 2—3 *m* hohen Absturz zu erzeugen. Dieser Anschauung kann Verf. nicht beipflichten, da er sich bei seinen Beobachtungen direkt davon überzeugen konnte, daß die Entstehung des kurzen Steilabfalles lediglich auf Abrutschungen an der Leeseite zurückzuführen ist.

Der Untergrund von Venedig. Über denselben verbreitete sich, aus Anlaß des Einsturzes des Markusturmes, Dr. Ochsenius.[3]) Nach einigen Bemerkungen über abgeschlossene Wasseransammlungen in allen ältern Schichtsystemen, welche der Bergmann mit dem

---

[1]) Zeitschr. der Gesellschaft f. Erdkunde. Berlin 1901. p. 422.

[2]) Ernst Bertololy, Rippelmarken und Dünen. (Münchener Geographische Studien, herausgegeben v. Siegmund Günther. 9. Stück.) München 1900. p. 137—139.

[3]) Zeitschr. d. Deutschen geol. Gesellsch. 54. p. 133.

Namen »Wassersäcke« zu bezeichnen pflegt, erläuterte er den Begriff eines »Wasserkissens«, welchen Namen man denjenigen Wasseransammlungen im Alluvium beigelegt hat, die unter einer elastisch gebliebenen Decke befindlich und unter Druck geraten sind.

Die Bildung ist mehrfach beobachtet worden. Tote Flußarme, Teiche, Tümpel, sich selbst überlassen, werden von einer Schicht schwimmenden Pflanzenmaterials überzogen, und diese Schicht wird unter Umständen so dicht und fest, daß darauf gewehter Staub und Sand nicht mehr untersinkt, sondern sich verfestigt. Zuletzt ist die ganze Vertiefung ausgefüllt und eingeebnet, der flüssige Inhalt am Grunde ist total eingesperrt und trägt seine Decke, die vielleicht nur wenig elastisch geblieben ist, ruhig weiter, solange keine Störung eintritt.

Derartige Formationen von Wasserkissen können sich sogar übereinander wiederholen. Recht unliebsame Erfahrungen mit solchen haben Eisenbahnen im norddeutschen Flachlande gemacht. Verluste an ganzen Dämmen sind zu notieren bei dem Baue der Berliner Nordbahn, der Bahn Köslin-Stargard, der Märkisch-Posener Bahn usw.

Für Wasserkissenbildung war und ist nun die norditalienische Poebene wie geschaffen. Eine üppige Vegetation auf den zahlreichen Tümpeln und Teichen, die der Po, dessen Niveau ja gegenwärtig stellenweise höher liegt als die First der Häuser der benachbarten Ortschaften, auf seinen beiden Ufern hinterließ, hat unter mildem Klima dort förmliche Etagen von Wasserkissen zuwege gebracht. Das wird bewiesen durch die behufs Beschaffung von gutem Trinkwasser ausgeführten Tiefbohrungen und deren Druckverhältnisse. Offenbar gehören nun die Alluvionen in den Deltagebieten des Po, der Etsch usw. zu den jüngsten. Die alte Küstenlinie historischer Zeit kommt von Ravenna, geht durch Adria und Mestra (15 *km* vom jetzigen Meeresufer, d. h. dem Venedig östlich vorliegenden Damme Murazzi bei Malamacco) über Aquileja nach Duina bei Triest.

Dieser schmale Küstenstrich, der Ostsaum der norditalienischen Ebene ist also in historischer Zeit von dem mineralischen Detritus gebildet worden, welchen die Flüsse aus den Alpen anbrachten. Triasdolomite, Juratone und -kalke, Kreidemergel, Tertiärmacigno, sowie einige Trachytausbrüche lieferten kalkig-tonig-sandiges Material für den Aufbau von soliden Decken über oberflächlich zugewachsenen Tümpeln und Wasserflächen.

Auf solchen Mergelschichten (caranta) stehen Venedig (mit seinen 122 Inselchen), Padua, Adria, Vicenza, Verona usw.

Da ist eine Bildung von Wasserkissen und ähnlichen Hohlräumen, die mit Wasser und Gasen gefüllt blieben, vor sich gegangen. Die Degousséeschen Venediger Straßenbohrungen in den Jahren 1846 bis 1849, sowie die von 1866 mit ihren üblen Folgen beweisen das. Mit Gewalt wurden die schlammigen Gewässer an 40 *m* hoch aus den Bohrlöchern über die Hausdächer geschleudert, ganze Stadtviertel

erlitten Senkungen. Sueß schrieb: »Bei einem solchen Lande hat man Grund zu staunen, daß sein Rücken durch so viele Jahrhunderte die große Belastung mit Gebäuden verhältnismäßig ruhig getragen und dadurch gestattet hat, daß an dieser Stelle eine so glänzende Stätte menschlicher Kultur erblühte.

Allein die Zeichen der Unsicherheit des Baugrundes von Venedig sind doch schon alten Datums. Das römische Pflasterniveau liegt 2 *m*, das des Mittelalters 1,7 *m* unter dem jetzigen.

1505 mußte das Kaufhaus der Deutschen aus dem 13. Jahrhunderte umgebaut werden. Im Dogenpalaste sind einzelne Mauern mit Ketten an ihre fester stehenden Nachbarn gefesselt worden.

Im Juli 1902 stürzte der berühmte Glockenturm von S. Marco in sich zusammen. Jetzt stellt sich heraus, daß sehr, sehr viele andere Monumentalbauten demselben Schicksale entgegengehen, so S. Stefano mit der großen Merosiniglocke, S. Donato, Miracoli, Maria Mater Domini, Frari, S. Giovanni, S. Zacarria, Barnaba und viele andere.

Die Existenz von Wasserkissen als Ursache der Einsturzepidemie in dem armen Venedig und in seinen Leidensgenossen Adria, Verona, Vicenza wird neben den Bohrresultaten bewiesen durch das Aufsteigen von Wasser, das nach oben, dem einzigen Auswege, gepreßt wird. Darüber berichtet Ugo Oretti, daß 1 *m* unter dem Fundament des Kirchturmes der Frari sich jetzt Wasser zeigt,

An ein Faulwerden oder Nachgeben der Pfahlroste, deren Eichenstämme bis zu 9 *m* Tiefe die Venetianer Fundamente förmlich spickten, ist nicht zu denken. Holz, namentlich das der Eiche, fault nicht im Wasser, wohl aber verkohlt und verkieselt es. Das wird bewiesen durch die alten Pfähle aus römischen Rheinbrücken, Bohlen aus phönizischen, bezw. römischen Bleibergwerken an der Nordküste von Spanien, z. B. bei Reocin, und durch die Funde von Eichbäumen in Flußbetten, welche ein schwarzes, hartes und sprödes Holz lieferten, das sich noch erfolgreich, wenn auch nur mühsam, bearbeiten ließ.

Die einzige Erklärung der Venetianer Verhältnisse besteht also in der (bereits als richtig bewiesenen) Annahme von Stellen mit hohlem, wassererfülltem Untergrunde, aus dem die solide Decke das darin enthaltene Wasser und Gas jetzt langsam durch einen von Überlastung herrührenden Riß nach oben, auf dem einzigen Auswege, herausquetscht. Mit andern Worten: es sind Wasserkissen, deren Kissenüberzug durch Anstechen, Anbohren oder Zerreißen von oben her durchlöchert worden ist und nun bei partieller oder kompletter Entleerung des wässerigen (zum Teil auch gasförmigen) Inhaltes durch die entstandene Öffnung mit seiner ganzen Belastung absinkt.

Ein merkwürdiger Fall von Erosion durch Stauhochwasser bei Schmarden in Kurland wurde von Dr. Bruno Doß

geschildert.[1]) Dort hat im Frühjahre 1900 ein kleiner, durch Eis gestauter Bach in 34 Stunden, während deren er gezwungen war, sich einen seitlichen Ausweg zu suchen, cañonartige Erosionsschluchten gebildet, und zwar durch rückwärts einschneidende Wasserfälle. Das erodierte und abgebrochene Material (tonig-mergelige Sedimente und Dolomittrümmer) wurde durch die starke Strömung geradezu ausgefegt; im ganzen sind während der angegebenen Zeit 2250 *cbm* Dolomite, Mergel und Schutt durch die Stauwässer ausgenagt und weiter transportiert worden. Das Gefälle betrug auf 100 *m* etwa 1.7 *m*. Diese Tatsache lehrt, »daß Wasserschwellungen nicht nur in denjenigen Erdgebieten eine große geologische Bedeutung besitzen, woselbst fast beständige Dürren von nur seltenen, aber um so heftigern Regengüssen unterbrochen werden, durch deren Transportkraft z. B. die Physionomie der Wadis von Ägypten, Arabien usw. erhalten bleibt, sondern daß dieselben auch in unsern gemäßigten Breiten zu hervorragenden geologischen Faktoren werden können. Was dort die heftig einsetzenden tropischen Regengüsse bewirken, das erfolgt hier durch die Schwellung der Gewässer infolge Eisstauungen. In der Hauptschlucht steht uns fernerhin ein Beispiel dafür zu Gebote, daß die Erosion in der Horizontalen äußerst schnell rückwärts schritt, obgleich die Tiefenerosion noch nicht ihr mögliches Maximum erreicht hatte, dessen Ausmaß durch das Niveau der flußabwärts gelegenen Strecke bedingt wird. Im Gegensatze hierzu beobachtet man ja bekanntlich im Schichtungstafellande bei einer einmal eingeleiteten Rückwärtserosion meist eine schnell vor sich gehende Ausfurchung nach der Tiefe, aber nur ein sehr langsames Wachsen der Erosionsfurche nach rückwärts, so daß die Plattenränder von sehr steilen, wilden, aber in der Horizontalen nur wenig entwickelten Schluchten zersägt sind.«

Der abnorm große Betrag der erodierenden Tätigkeit des rückwärts schreitenden Wasserfalles bei Bildung des obigen Schluchtensystems wird übrigens gut illustriert durch Vergleich mit einem Wasserfalle der baldischen Provinzen, welcher in Gesteinen sich vollzieht, die keinesfalls härter sind als diejenigen des Dolomitmergelkomplexes bei Schmarden. »In dem durch seine wilde Romantik bekannten Tale der besonders im Frühjahre sehr wasserreichen Perse, einem rechtsseitigen Nebenflusse der Düna, finden sich bei Kokenhusen viele kleinere und größere Talstufen, über welche die Gewässer in Kaskaden und kleinern Fällen abstürzen. An einem dieser Fälle — Verf. schätzt seine Höhe aus der Erinnerung auf etwas über 1 *m* — ist festgestellt worden, daß er in einem Zeitraume von 11 Jahren um 5.8 *m*, im Durchschnitte also alljährlich um 0.48 *m* talaufwärts rückte.[2]) Der petrographische Charakter der devonischen Schichten,

---

[1]) Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft 55. p. 1.

[2]) Korrespondenzblatt d. Naturf.-Ver. zu Riga 1889. 32. p. 29.

über welche sich dieser Wasserfall ergießt, ist folgender: zu oberst eine Bank tonhaltigen dolomitischen Kalksteines, darunter Schichten sehr feinkörnigen zerreiblichen tonhaltigen Sandsteines, an der Aufprallstelle feinkörniger tonig-kalkiger Sandstein. Der 6.2 *m* hohe Fall des Jaggowal bei Jegelecht, 23 *km* östlich Reval, soll in 100 Jahren um circa 10 *m* zurückschreiten.[1]) Hier werden die von untersilurischem Glaukonitkalk überlagerten Glaukonitsande und oberkambrischen Diktyonemaschiefertone unterwaschen. Ob bezüglich der Größe des Rückwärtsschreitens des bedeutendsten ostseeprovinziellen Wasserfalles, des Narowafalles bei Narwa, schon Bestimmungen ausgeführt worden sind, ist Verfasser im Augenblick nicht bekannt. Fixpunkte hierfür hat bereits Helmersen 1861 angegeben.[2]) Zum Vergleiche sei schließlich noch erwähnt, daß der Niagarafall jährlich um ca. 1 *m* rückschreitet.[3])

Welch gewaltige Stoßkraft endlich die im Schlockebette bei der Schmardener Mühle sich stauenden Eisschollen entwickelten, wird durch folgende Tatsache beleuchtet. Unter den im Bachbette direkt unterhalb der Brücke liegenden erratischen Blöcken war einer durch seine auffallende Größe bemerkenswert und allen Anwohnern bekannt. Nach Verlauf des Hochwassers bemerkte man, daß derselbe seine Lage verändert hatte. Er war durch die andrängenden Eisschollen 20 *m* bachabwärts geschoben und gerollt worden. Mit derjenigen Partie, welche früher im Boden steckte — es ist dies, wie aus der hellern Farbe ersichtlich, knapp die Hälfte der gesamten Masse —, ragt der Stein jetzt nach oben. Er besitzt bei einer Länge von 2.6 *m* und einer größten Breite von 1.6 *m* einen Umfang von 6 $^1/_2$ *m*, erhebt sich mit seinem freiliegenden Teile zurzeit 1 $^1/_2$ *m* über das Bachbett und besteht aus finischem Granite.«

Über das Relief von Norwegen verbreitete sich Hans Reusch.[4]) Er betont, daß die viel verbreitete Annahme, das skandinavische Hochgebirge sei ein Plateaugebirge, was den innern Bau anbelangt, insofern unrichtig ist, als wir in einer breiten Zone der Westküste entlang von dem Südende Norwegens bis zum Nordkap ein ausgesprochenes Faltengebirge haben, ebenso gut wie in den Alpen, nur daß die Faltung schon vor der Kohlenperiode abgeschlossen war. »Die jüngsten gefalteten Gesteine sind fossilfreie Sandsteine (nördlich von Bergen), in denen man devonische Ablagerungen zu vermuten hat. Östlich vom großen Faltenzuge, z. B. im mittlern

---

[1]) Rathlef, Skizze der orographischen und hydographischen Verhältnisse von Liv-, Esth- und Kurland. Reval 1852. p. 64.

[2]) Die geologische Beschaffenheit des untern Narowatales etc. Bull. Acad. sciences, Petersb. 1861. 3. p. 13.

[3]) Bakewell. Observations of the Falls of Niagara (Am. Journ. (2 1857 23. p. 85); zitiert nach Penck, Morphologie der Erdoberfläche 1. p. 319.

[4]) Hettner, Geogr. Zeitschrift 1903. p. 425.

Schweden, liegen die Silurschichten horizontal, sind aber durch vertikale Verwerfungen in verschiedene Höhe gebracht. Die Erdkruste ist in dem westskandinavischen Gebirgszuge nicht nur in Falten zusammengeschoben, auch große Überschiebungen haben stattgefunden. Es scheinen sogar gewisse Teile der Erdkruste durch beinahe horizontale Spalten von ihrer Unterlage abgelöst und danach durch Schub in horizontaler Richtung viele Kilometer weit bewegt worden zu sein. Archäische Gesteine sind dadurch über weite Strecken auf silurische gekommen.

Die Gebirge Norwegens sind Rumpfgebirge. Durch ungezählte Jahrtausende sind ungeheure Massen von der Erdkruste abgeschält, so daß uns die gegenwärtige Oberfläche nur Gesteine zeigt, die einst tief begraben lagen.«

Reusch zeigt an Beispielen und schematisch den Einfluß der Erosion durch fließende Gewässer und die Arbeit der Gletscher auf die Modellierung der paläischen Oberfläche Norwegens und betont auch die Wirkung der marinen Denudation. Das Land hat durch lange Zeiten am Ende des Tertiärs und in der Diluvialzeit um ein Niveau, das nicht sehr vom gegenwärtigen abweicht, oszilliert; dadurch ist eine wohl ausgebildete kontinentale Plattform entstanden. Die höhern Teile der kontinentalen Plattform ragen aus dem gegenwärtigen Meere hinaus und bilden die Strandebene, den Wohnplatz für einen bedeutenden Teil der norwegischen Bevölkerung. Die kontinentale Plattform ist von unterseeischen Tälern gefurcht, die gebildet wurden in Zeiträumen, wo die Plattform höher lag als jetzt. Wie bekannt, sind die Fjorde auffällig tief. Reusch ist geneigt, anzunehmen, daß sich die Fjorde mehr oder weniger tief bis zu dem Abfalle der Plattform fortsetzen, und daß die äußern Partien, zum großen Teile von loserem Materiale, vornehmlich von Moränenmassen, zugeschüttet wurden. Die große Tiefe der Fjorde sei zum Teile durch die ausräumende Tätigkeit der Gletscher hervorgebracht, zum Teile aber haben auch die Gletscher zu Zeiten, wo die Gletscherzungen nicht aus den Fjordgegenden herausreichten, den Felsgrund beckenartig ausgegraben. Die Möglichkeit dürfe auch nicht ausgeschlossen werden, daß die Tiefe der Fjorde dadurch gesteigert werden konnte, daß die letzte Phase der Krustenbewegung ein größeres Einsinken des Landes im Innern wie an der Küste hervorgebracht haben kann.

Die geomorphologischen Verhältnisse Ostasiens. Wie die geographischen Karten zeigen, schneiden Ost- und Südostasien in mehrern großen Bogen gegen das stille Weltmeer hin ab, ja diese Neigung zur Bildung von nach auswärts gekrümmten, konvexen Bogen zeigen auch viele der großen Gebirgszüge Ostasiens vom hohen Norden bis herab zur Küste Hinterindiens. Auch die dem asiatischen Festlande vorgelegenen Inselreihen zeigen diese bogenförmigen Anordnungen in mehrern Wiederholungen: so die Aleuten, Kurilen, die

japanischen Inseln und die Liukiu- oder Riukiuinseln, ja selbst im Südosten wiederholt sich die bogenförmige Anordnung in den großen Sundainseln und in den Philippinen. Wenn man noch weiter in den Ozean vorschreitet, zeigt sich sogar die bogenförmige Gruppierung von Inseln nochmals in der allgemeinen Anordnung der kleinen Eilande, die südlich von Nippon mit den Siebeninseln beginnend, die Ladronen- und Palauinseln umschließend auf die Molukken hinziehen. Daß diese guirlandenförmige östliche Umrandung Asiens nicht zufällig sein wird, kann man wohl annehmen, allein weiter zu gehen, lediglich auf Grund der kartographischen Darstellungen, müßte zu Willkürlichkeiten führen. Nur an der Hand geologischer Untersuchungen darf man höchstens einige Schritte in das Dunkel der erdgeschichtlichen Vergangenheit wagen, um die Entstehung der Gestaltung des asiatischen Kontinents vorstellig zu machen. Mit Forschungen dieser Art hat sich seit mehrern Jahren Prof. Dr. v. Richthofen beschäftigt und die Ergebnisse seiner bezüglichen Kombinationen zu verschiedenen Zeiten der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften in Berlin vorgetragen. [1])

Schon vor 20 Jahren (in seinem Buche über China) hatte Prof. v. Richthofen darauf hingewiesen, daß der von Nord nach Süd gerichtete Ostabfall des chinesischen Gebirgslandes und das schroffe Ende des Kwenlun zwischen 113 und 114° östl. L. v. Gr., ferner nördlich des Hwangho der Ostabfall des Tafellandes von Schanje, dann der in einem nach Ost konvexen Bogen verlaufende große Chingan (der den Abfall des aufgebogenen Randes der mongolischen Hochflächen gegen die tiefer gelegene Mandschurei darstellt), daß alle diese Glieder sich in einer von SSW nach NNO gerichteten Linie aneinander reihen und als Teile eines einzigen Bruchzuges aufzufassen sein dürften. Seitdem haben sich unsere Kenntnisse jener Gegenden merklich vermehrt, und Prof. v. Richthofen findet sie ausreichend, um die Schlußfolgerung zu begründen, daß das östliche Asien vom Südrande von Yünnan bis zur Tschuktschenhalbinsel, also in einer Erstreckung von 44 Breitengraden, von zusammenhängenden, durch Richtung, Form und gleichsinnige Tektonik ähnlichen bogenförmigen Abfällen von Landstaffeln, welche sich zu einer einzigen, mehrfach gebrochenen Linie aneinanderschließen, durchzogen wird. Die morphologische Gleichsinnigkeit besteht darin, daß überall der östliche, gegen den Pazifischen Ozean gerichtete Erdrindenteil tiefer steht als der westliche, die tektonische darin, daß er in allen Fällen gegen diesen abgesunken ist. Die Bedeutung der Einzelbrüche wird bei einigen von ihnen durch das Vorhandensein gleichsinniger Parallelbrüche erhöht.

---

[1]) Vergl. Sitzungsber. der K. Preuß. Akad. d. W. 1900. p. 888 u. ff.; 1901. p. 782 u. ff.; 1902. p. 944 u. ff. Hieraus im Jahrbuche der Astronomie und Geophysik 11. p. 154; 12. p. 199.

Über das geologische Alter dieser tektonischen Bewegungen läßt sich, wie v. Richthofen hervorhebt, schwer urteilen, da Meeresablagerungen aus jüngerer Zeit als der Trias fehlen, indessen macht er auf die Bedeutung aufmerksam, welche die Landstaffeln für die Ströme haben. Wenn die jetzige Erosionsbasis an den meridionalen Bruchrändern einen Bestand auch nur durch die Dauer der Tertiärperiode gehabt hätte, so würden die Ströme ihre Betten rückwärts in den leicht zerstörbaren Schichtmassen stärker vertieft haben, als es ihnen tatsächlich gelungen ist. Da dies nicht geschehen, darf geschlossen werden, daß an den südlichen Meridionalbrüchen der Absenkungsbetrag sein gegenwärtiges Maß erst in später Zeit erreicht hat, und es fehlt nach v. Richthofen nicht an Tatsachen, welche darauf hindeuten, daß die Absenkung, wenigstens auf chinesischem Gebiete, an den Ostseiten der Landstaffel noch heute fortdauert.

Der Reihe bogenförmiger nach Südost konvexer Randzonen von Landstaffeln, welche das kontinentale Ostasien von der Tschuktschen Halbinsel bis in das nordwestliche Tongking durchziehen und entlang der ganzen Linie durch Absinken des östlich angrenzenden Erdrindenstückes charakterisiert sind, reiht v. Richthofen seewärts eine zweite Reihe homolog gestalteter Bogengebilde an, welche die ozeanische Grenze Ostasiens bilden. Die ostwärts benachbarten Teile des von ihr niedergebrochenen Erdrindenstückes liegen nach ihm im Boden des Meeres. »An der Stanowoiküste fallen beide Bogenreihen zusammen; denn das Meer reicht bis an die Absenkungsbrüche der binnenständigen Reihe hinan. Die die Festlandsgrenze bildenden randständigen Glieder der 2. Reihe beginnen am Kap St. Alexander, in 44° 15′ N, und endigen am Kap St. Jacques, in 10° 40′ N. Die aus dem Meere aufragenden Inselbogen gehören in die sich jenseits derselben untermmeerisch fortsetzende Gesamtanlage der ostasiatischen Absenkungen.

Nimmt man zum Anhalte der Betrachtung die auf den Landkarten dargestellte Küste, als eine den Abfall der einzelnen Staffeln umziehende Niveaulinie, so zeichnet sich in ihr auf das schärfste ebenso die allgemeine Gestalt, wie jede Einzelabweichung von ihr. Vier große Küstenbogen treten nun deutlich hervor: der tungusische, der koreanische, der chinesische, der annamitische. Der dritte und vierte sind völlig geschlossen; der erste hat eine kleine, durch örtlichen Einbruch zu erklärende Lücke; der dritte ist nur in einem Fragmente erhalten. Die lineare Gestalt jedes einzelnen dieser Küstenbogen nähert sich ungleich mehr der Kreisform, als dies bei den Binnenlandstaffeln der Fall ist.«

Es senkt sich also, sagt Prof. v. Richthofen, die Festlandsmasse des östlichen Asien in großen Staffeln herab. Zwei von diesen werden durch weitgedehnte, gegliederte, auf Bruchbildung beruhende Bogenlinien deutlich gezeichnet. Die gemeinsame Ursache der Erscheinung sucht er in der Kombination von 2 Systemen zerrender Kräfte,

von denen eines ostwärts, das andere südwärts gerichtet ist. Was das Motiv für die Erregung der ostwärts gerichteten Zerrung anbetrifft, so dürfte es nach v. Richthofen in der in langen Perioden fortschreitenden Vertiefung des Pazifischen Ozeanbeckens am Rande des Kontinentalmassivs genügend gegeben sein. »Zwischen dem Festlande, welches der Zerrung in der Form groß angelegter Staffelsenkung und reichlicher Öffnung von Ausflußkanälen für Tiefengesteine nachgegeben hat, und jenen Ozeantiefen liegt ein breiter Raum. In ihm ist gegen den Rand der Tiefe hin diejenige Zone zu suchen, wo durch Auswärtsdrängen des Kontinentalmassivs und dessen Überwallen über den dadurch passiv weiter gesenkten Ozeanboden der wachsende Massendeffekt des Festlandes durch wachsende Massenanhäufung im äußersten Randgebiete oder die räumliche Erweiterung dort, durch räumliches Zusammendrängen hier kompensiert wird, und wo mit großen Überschiebungen verbundene faltige Stauung erwartet werden darf. Die ostasiatischen Inselkränze erscheinen als die Krönung der durch solche überwallende Stauungen emporgewölbten äußersten Randgebiete der Kontinentalmassivs. Aber selbst sie tragen den Charakter der Innenseiten von Faltungsgebirgen; die gefalteten Außenzonen werden erst an den Abfällen gegen die ozeanischen Tiefen hin zu suchen sein. Die Existenz anderer, noch ferner liegender, nur in kleinen Inselspitzen aufragender, sonst noch unter der Meeresfläche verborgener Bogen, wie sie auf bathymetrischen Karten hervortreten, läßt darauf schließen, daß die gleiche Tendenz in diesem Teile der Erdrinde seit frühesten Zeiten wirksam gewesen ist.«

Für die Erklärung der äquatorwärts gerichteten Zerrung und Bewegung großer Erdrindenteile in Asien, vom Kwenlun-Tsinling an, liegt das gleiche Motiv nicht vor; v. Richthofen meint, »wenn auch mit Zagen«, auf Änderungen in der Geschwindigkeit der Erdrotation und dadurch bewirkte Massenumsetzungen hinweisen zu dürfen. Dieses ist aber wenig mehr als eine Verlegenheitserklärung, die der Geophysiker entschieden ablehnen muß.

Im Anschluß an seine Behandlung der »binnenständigen« und »küstenständigen« Bogengebilde des asiatischen Festlandes behandelt nun Prof. v. Richthofen in seiner neuesten Abhandlung die sich ihm seewärts anschließenden, durch ihre schön geschwungenen Formen und ihre Umspülung durch den Ozean noch weit auffälligern Inselbogen, welche sich von den Aleuten bis dicht an Formosa ohne Unterbrechung aneinanderreihen und, indem sie die relativ seichten Randmeere der Innenseite von sehr tiefen Meeresgründen an der Außenseite trennen, längst als der eigentliche Kontinentalrand Asiens, im Unterschiede vom Festlandsrande, erkannt worden sind. Sie endigen mit dem Riukiuinselbogen im Angesicht von Formosa, welches ihnen scheinbar fremdartig gegenüber steht.

»Eine andere, weit mehr zusammengesetze Reihe insularer Bogengebilde,« fährt Prof. v. Richthofen fort, »beginnt südöstlich

von Formosa und umfaßt ganz Indonesien. In breiter Anlage umzieht sie den südöstlichen Teil des asiatischen Festlandes, um ihr insulares Ende erst in der Bai von Bengalen, in der Fortsetzung der Linie der Nikobaren und Andamanen, zu erreichen und, wie Sueß vor Jahren gezeigt hat, hier wieder in den festländischen Bau einzugreifen, in dem sie noch weithin ihre Fortsetzung findet. Einige Züge in der Anordnung der einzelnen Bogengebilde liegen bei einem Blicke auf die Landkarte klar vor Augen, andere, wie der die Bandasee im Osten umfaßende Doppelbogen, sind erst durch die fortschreitende Forschung allmählich mit Sicherheit erschlossen worden; noch andere verbergen ihren Charakter so weit, daß sie verschiedenartigen Kombinationen Raum geben oder sich der Erklärung noch gänzlich entziehen. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Bogenlinien hat Koto auf einer Karte niederzulegen unternommen. Eine eingehendere, auf dem Studium der gesamten vorhandenen Literatur beruhende Übersicht derselben hat Sueß gegeben und in einer Kartenskizze anschaulich gemacht. Charakteristisch ist das virgationsartige Auseinandergehen verschiedener Linien vom nördlichen Luzon aus nach Süden und die Tatsache, daß alle Bogenlinien, ganz wie diejenigen im Norden von Formosa bis Alaska, ihre konkave Seite dem asiatischen Kontinent zuwenden. Die angegebene Anordnung ist jedoch im nördlichen Luzon nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen, und sie fehlt, wenn man von dessen Nordküste weiter nordwärts geht. Dort ziehen zwei benachbarte geradlinige Reihen von Inseln, eine längere östliche und eine kürzere westliche, meridional nach Norden; aber sie stellen eine Verbindung mit der 375 *km* entfernten Südspitze von Formosa nicht her. Diese liegt im Kap Garampi, in 120° 20′ O. Die östliche Inselreihe dagegen, welche die Babuyan- und Bataninselgruppen umfaßt, folgt genau dem Meridiane 121° 55′, und die parallel gerichtete Linie der andern liegt mit den Inseln Fuga und Calayan 50 *km* westlich; ihre nördliche Verlängerung trifft auf Gadd-Reef und Botel Tobago, 62 *km* östlich vom nächsten Punkte der Küste von Formosa. Man ist versucht, sie bis zur Insel Samasana zu verlängern.

Formosa nimmt daher eine unabhängige und eigentümliche Stellung ein. Es paßt nicht in das einfache System der schön geschwungenen nördlichen Bogenlinien hinein, wenn es auch vom Riukiubogen in die Flanke getroffen wird, und ein ersichtlicher Anschluß an das südliche Bogensystem ist überhaupt nicht zu bemerken. Die Insel erscheint wie ein neutrales Zwischenglied zwischen beiden Bogensystemen.«

Diese anscheinende Sonderstellung hat ihren bezeichnendsten Ausdruck in der aus den Untersuchungen der letzten Zeit hervorgegangenen Ansicht gefunden, daß die Gebirge von Formosa einen nach Osten konkaven Bogen bilden. Da diese Gestalt eine Anomalie in der Anlage aller morphologischen Linien Ostasiens bilden

würde, so hat Prof. v. Richthofen übernommen, die Grundlagen, auf welche die Ansicht sich stützt, zu prüfen und die Stellung der Insel überhaupt, soweit die Beobachtungen es gestatten, einer Untersuchung zu unterziehen. Die Aufgabe, sagt er, kann vollständig nur gelöst werden, wenn auch die benachbarten über die Meeresfläche aufragenden Landgebilde in die Betrachtung einbezogen werden. Leider ist dies betreffs der Insel Luzon nicht ausführbar, da die Lückenhaftigkeit der Beobachtungen einen Einblick in ihren Bau nicht gestattet. Um so reichhaltiger ist das Material, welches über die Riukiuinseln vorliegt.

Schon 1880 hat Dr. L. Döderlein erwähnt, daß die nördlichen Inseln in eine innere vulkanische und eine äußere nichtvulkanische Reihe geteilt werden können. Diese Anschauung hat sich in der Folge als richtig bewährt, und wenige Jahre nachher vermochte Eduard Sueß den doppeltgereihten Riukiubogen mit den Bogengebilden der kleinen Antillen, der Nikobar-Andamaninseln und der Bandainseln zu vergleichen, sowie die Analogie mit der Anordnung in den Karpathen hervorzuheben.

Prof. v. Richthofen findet, daß wir in dem äußern Riukiuinselbogen ein anderes Gebilde vor uns haben, als die früher im Innern und am Rande des asiatischen Kontinents betrachteten. »Der streng zonale Bau in dem Hauptteile des Bogens, die streifenförmige Anordnung der einzelnen daselbst sichtbaren Formationen, die Konformität ihres Schichtenstreichens mit dem Streichen der äußerlich sichtbaren Zone, das konstante Einfallen der Schichtgebilde nach der Innenseite hin — alles dies erweist klar, daß hier in der Tat ein bogenförmiges Gebirge mit allen Merkmalen tangentialer Schiebungen nach außen vorliegt. Ob Faltenbau oder schuppenartiges Überschieben älterer Gebilde über jüngern vorhanden ist, hat durch die Beobachtungen nicht festgestellt werden können. Das gleichförmige Einfallen auf Okinawa macht letzteres wahrscheinlicher.« — Eine Reihe jungvulkanischer Inseln, welche den betrachteten Bogen auf der Rückseite begleiten, beginnt in geringer Entfernung (40 *km*) von dem zur Linken des Einganges in die Bucht von Kagoschima aufragenden Pfeiler des Kaimon-dake, mit den zwei kleinen Inseln Taki-schima und Iwo-ga-schima, deren letztere sich im Solfatarenzustand befindet. Wie Glieder einer Perlenschnur sind sie von hier aus, mit flachbogiger Krümmung, in einer Länge von 240 *km* aneinandergereiht. Die ersten liegen im Rücken der Osumi-Gruppe, die nächsten hinter der Lücke zwischen dieser und Oschima; sie werden als Tokaragruppe bezeichnet. Wo jedoch die Außenreihe ihre bedeutendste Entwicklung hat, ist das Vorhandensein der Vulkanreihe nur durch eine einzige Insel (Tori-schima) angedeutet, und im Rücken des kleinen Inselschwarmes am Südostende von Okinawa treten noch einmal 2 Vulkaninseln auf. Aber so vereinzelt zuletzt das Auftreten wird, und so sehr die Abstände wachsen, liegen doch bis hierher alle Inseln

in einer kontinuierlichen, flach bogenförmigen Zone, deren Abstand vom sichtbaren Außenrande der paläozoischen Zone südwärts allmählich ein wenig zunimmt. Die Fortsetzung des innern Vulkanbogens sucht v. Richthofen in den Agincourtinseln.

Bezüglich des Verhältnisses des Riukiubogens zum südlichen Kiuschiu, also zur japanischen Inselreihe, schließt Prof. v. Richthofen u. a. folgendes:

»In der nördlichen Verlängerung der Riukiuvulkanlinie griffen die ihrer Entstehung zugrunde liegenden oder sie begleitenden tektonischen Vorgänge in das in schiefem Winkel zu ihr gestellte paläozoische Gebirgsgerüst des südlichen Kiuschiu in solcher Weise ein, daß sich der von der Verlängerung betroffene mittlere Teil hinabsenkte, während die östlich und westlich daran grenzenden Teile als Horste sehen blieben und ihre innere Struktur behielten.

Die Entstehung der langgedehnten, in der Nordhälfte durch vulkanische Massen, in der Südhälfte durch die Bai von Kagoschima ausgefüllten Einsenkung erscheint nicht sowohl als das Werk eines einheitlichen Vorganges als vielmehr einer Anzahl von Einzelsenkungen.

Ein Merkmal früher, mit diesen Senkungen verbundener eruptiver Ereignisse ist der Nagasakawall, welcher einen Teil der Umrandung eines vulkanischen Einbruchskessels bildet und als Fragment einer ausgedehntern, aus augit-andesitischen Ausbruchsgesteinen aufgebauten Region stehen geblieben ist.

Die nächste Reihe von Ereignissen gibt sich in lange fortgesetzten Ausbrüchen saurer Gesteine an einem etwas weiter südlich, vielleicht in der Nähe der jetzigen Kirischima gelegenen Orte zu erkennen. Schon zu dieser Zeit geschah die Kesselsenkung, von der der Nagasakazug ein somma-artiger Zeuge ist. Die Ausbrüche lieferten die ungeheuren Massen von Bimsstein, mit denen das Land weithin überschüttet wurde. Neben den explosiven Ausbrüchen, welche mit denen des Krakatau zu vergleichen sein dürften, diese aber in Größe weit hinter sich zurücklassen, fand auch ein Ausströmen von rhyolithischen und trachytischen Laven statt. Die Ausbruchsperioden waren durch solche der Ruhe getrennt, in denen die erodierenden Kräfte zu äußerer Umgestaltung Zeit hatten, wie aus der großen Unebenheit einzelner Auflagerungsflächen zu ersehen ist. Wahrscheinlich hatte, wie beim Krakatau, das Meer unmittelbar Zugang zu den Ausbruchsstellen. Die Bimssteinablagerungen dachten sich von einer Gegend jenseits der Nordseite der jetzigen Bai südwärts ab gegen Kagoschima und weiterhin, ostwärts gegen die jetzige Westküste des von ihnen weithin bedeckten Kagoschimaflügels. Im Norden überschütteten die Bimssteintuffe wahrscheinlich das dort vorhandene Bergland, wurden aber nachher durch atmosphärische Gewässer von ihnen abgeräumt und nordwärts im Schutte wieder abgelagert.

Unter den nachfolgenden Ereignissen lassen sich zwei der Zeit nach noch nicht trennen. Eines von ihnen ist die Eröffnung der Ausbruchstätigkeit der Kirischimavulkane, das andere der von NNO nach SSW gestreckte große Einbruch im peripherischen Teile des Bimssteinschuttkegels, aus welchem der Sakuraschimavulkan sich erhob. Das Ausbruchsmaterial beider Vulkane ist Augit-Andesit.

Wenn die vulkanische Innenzone des Riukiubogens weit hinein in Kiuschiu fortsetzt und als eine mit Vulkanen besetzte Rinne in dessen Gebirgsland einschneidet, so erreicht doch die Außenzone der Inseln ihr Ende, ehe sie an Kiuschiu herantritt; denn es wechseln völlig die Richtungen von Streichen und Fallen des paläozoischen Schichtenbaues.«

Was das Verhältnis des Riukiubogens zu Formosa anbetrifft, so sind folgendes die Schlußfolgerungen, zu denen Prof. v. Richthofen gelangt.

»Der Grundbau von Formosa erscheint nach den vorliegenden Beobachtungen als aus 2 Teilen bestehend, nämlich a) dem in seiner Gesamtheit, in seinen einzelnen Gebirgsgliedern und im innern Schichtenbaue (aber nicht in der Wasserscheidelinie) nach der Richtung NNO bis SSW streichenden Taiwangebirge, welches der Hauptsache nach aus einem mächtigen Systeme für archäisch gehaltener kristallinischer Schiefer und einem als paläozoisch geltenden, wesentlich aus Tonschiefer bestehenden Schichtenkomplexe aufgebaut ist; b) einem von Kap Dom-kaku am Setsu vorüber gegen den Kali-san hin, in der Richtung OW streichenden Gebirge, in welchem Gesteine der paläozoischen Chichibuschichten erkannt worden sind.

Das Taiwangebirge verschwindet im südlichen Formosa; Anzeichen einer Fortsetzung nach Süden sind nicht zu erkennen. Das Gebirge ist aber in seiner Massenentwicklung so bedeutend, daß es als das isoliert stehengebliebene Fragment eines sehr viel größern bogenförmigen Faltungsgebirges angesehen werden muß, welches, allen andern Bogengebilden Ostasiens analog, seine Außenseite dem Pazifischen Ozeane zuwandte.

Der vulkanische Innenbogen der Riukiuinseln setzt westwärts im Rücken des Dom-kakuzuges fort, wo ihm die Agincourtinselgruppe und die Vulkangruppe im Westen von Kilung angehören. — Im Rücken des Taiwangebirges befinden sich von vulkanischen Gebilden nur die Pescadoresinseln, deren größere Achse ebenfalls nach NNO gerichtet ist.

Der Riukiubogen und das im Taiwangebirge vorhandene Bogenfragment haben die gemeinsame Eigenschaft, daß ihnen auf der Außenseite eine von tertiären Sedimenten aufgebaute Zone vorliegt. Bei beiden befindet sich also der Grundbau an der Vorderseite in relativ bedeutender Tiefe. Es läßt sich aber nicht entscheiden, ob Flächen mariner Abrasion vorliegen, auf welchen die von den beiden

Gebirgen herabgeschwemmten Trümmermassen bei allmählicher Senkung sich ablagerten, oder ob ein Absenken an Brüchen geschah. Für Formosa ist letzteres wahrscheinlicher, weil vulkanische Gebilde im Taitogebirge auftreten; bei dem Riukiubogen sind solche nur in dem alten Vulkane Nosoko auf der Insel Ischigaki vorhanden.

Die spätern Niveauverschiebungen sind bei beiden Bogen annähernd gleichsinnig gewesen. Die Tertiärgebilde müssen mindestens zu ihrer gegenwärtigen Meereshöhe aufgeragt haben und durch Erosion eine der jetzigen annähernd entsprechende Gestalt erhalten haben, als die Korallen bei nachfolgender Senkung die Riffe bauten, welche dann durch abermalige vertikale Verschiebung freigelegt wurden.

Der Riukiubogen und das Taiwanbogenfragment unterscheiden sich von den festländischen Bogengebilden durch die Konkordanz von innerem Bau und Absenkungslinien in den der meridionalen Komponente entsprechenden Teilen. Sie erscheinen daher, ebenso wie der japanische Bogen, als Gebirge, bei denen die äußere Gestalt mit dem faltigen Zusammendrängen von innen nach außen in ursächlicher Beziehung steht, während dort in der Regel nur mehr oder weniger bogenförmige, zu den Streichrichtungen des innern Baues diskordante Zerrungsbrüche als bestimmend erkannt wurden.

Die Erscheinung, daß Struktur und tektonische Linien des südlichen Kiuschiu ohne jeglichen Einfluß auf die Gestaltung des Riukiubogens waren, dagegen die nachträglichen Dislokationsvorgänge in dessen nördlichem Teile auf die äußere Ausgestaltung des südlichen Kiuschiu erheblich eingewirkt haben, findet ihre Analogie in dem Verhältnisse des Riukiubogens zu Formosa. Denn im Taiwangebirge lassen sich keine Spuren morphologischer Beeinflussung durch die den tektonischen Linien des erstern zugrunde liegenden Vorgänge erkennen; dagegen haben die Dislokationen, welche die Endgestalt des Taiwangebirges herbeiführten, auch den Riukiubogen zerstückt, das Dom-kakugebirgsstück auf Formosa von ihm abgetrennt und wahrscheinlich jene Störungen veranlaßt, welche nur in der Formosa benachbarten Sakischimagruppe des Riukiubogens auftreten.

Es mehren sich somit die Tatsachen, welche für eine Reihe der verschiedenartigsten Bogengebilde Ostasiens nördlich vom 22. Breitengrade (also mit Anschluß des Annamitischen Bogens) die Schlußfolgerung gestatten, daß der normale Bau der der äquatorialen Komponente zugehörigen Teile jedes einzelnen Bogens früher fertig gebildet war, als die in der meridionalen Komponente gelegenen; und daß nach dem bogenförmigen Zusammenschlusse beider diejenigen tektonischen Vorgänge, welche dem meridionalen Schenkel durch nachträgliche Längsabsenkungen und disruptive Längsbrüche die normale Gestalt gaben, in den äquatorialen Schenkel des zunächst nördlich angrenzenden Bogens umgestaltend eingriffen, hier aber, als abnorm verlaufende Dislokationen, abnorme Quergliederungen und transversale Zerstücklung herbeiführten.«

Boden- und Erdtemperatur.

Über die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe verbreitete sich J. F. Hoffmann.[1] Zunächst behandelt er die Selbsterwärmung organischer Massen, dann die Beeinflussung der geothermischen Tiefenstufe durch unorganische und hierauf durch organische Sedimente. Er findet, daß Sedimente anorganischer Natur, die nicht mehr genügend Wärme anzustauen vermochten, die nicht mehr imstande waren, wesentliche Umwälzungen in der Erdrinde hervorzurufen, wie in frühern Zeiten, als die Erde noch weniger abgekühlt war, hierzu wieder befähigt wurden durch die Gegenwart der organischen Substanz, welche zwischen ihnen eingeschwemmt lag. Je reichlicher diese vorhanden war, desto stärker konnte die Einwirkung der Selbsterwärmung sich geltend machen. Wie die massenhafte Anhäufung der Petrefakten an vielen Stellen der Erde lehrt, haben die pflanzlichen und tierischen Lebewesen und damit auch ihre abgestorbenen Überreste zu manchen Zeiten eine ungewöhnliche Verbreitung und Anhäufung erfahren. Unter solchen Umständen konnten hochgradige Selbsterwärmungen auch in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche stattfinden.

Erdmagnetismus.

Einen Atlas des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1700, 1780, 1842 und 1915 hat Dr. H. Fritsche hergestellt,[2] nach den von ihm mit Hilfe der Gaussschen Theorie berechneten Elementen. Der um die Erforschung des Erdmagnetismus hochverdiente Verfasser hat diese langwierige Arbeit nicht gescheut, weil die bisher publizierten Karten der Epochen 1600, 1700, 1780 und 1842 — z. B. die Karten Hansteens, von Bemmelens, Sabines u. a. — unvollständig und häufig unrichtig sind, indem sie ohne Hilfe der Theorie auf Grund oft sehr spärlicher, ungenauer Beobachtungen entworfen wurden.

Für jede der 5 Epochen 1600, 1700, 1780, 1842 und 1915 hat Fritsche 3 Weltkarten mit Merkatornetz zwischen den Breiten $+80$ und -80^0 gezeichnet, von denen eine die Isogonen von 5 zu 5 Grad[3], die zweite die Isoclinen von 5 zu 5 Grad und die dritte die Linien gleicher Horizontalintensität von 0,2 zu 0,2 Gaußscher Einheiten (Milligramm, Millimeter) enthält.

Dazu war es notwendig, die früher von ihm gegebenen Tafeln für die Deklination, Inklination und Horizontalintensität durch Interpolation in die Mitte zu erweitern. Die Resultate dieser Rechnungen sind in 30 Tafeln zusammengestellt.

---

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 5. p. 667.

[2]) Riga, Druck der Müllerschen Buchdruckerei 1908.

[3]) An manchen Stellen, wo es nötig schien, auch von Grad zu Grad oder von 2 zu 2 Grad etc.

Die tägliche Periode oder die während eines Sonnentages erfolgenden Veränderungen in der Richtung und Stärke der Magnetkraft der Erde hat Fritsche auf Grund stündlicher, Tag und Nacht angestellter Beobachtungen an 27 Orten, welche über die ganze Erde vom 80. Grad nördl. Breite bis zum 56. Grad südl. Breite verteilt sind, ermittelt. Die innern und ebenso auch die äußern Kräfte, welche die tägliche Periode verursachen, lassen sich als aus 3 Teilen bestehend betrachten: aus einem während des Sonnentages konstanten, aus einem während dieser Zeit gesetzmäßig variierenden und drittens aus einem lokalen Teile, der für jeden Ort besondere Werte annimmt.

Die stündlichen Beobachtungen der 27 Orte wurden in Mittel von 6 Gruppen (je 3—6 Orte in einer Gruppe) zusammengezogen, in denen daher der lokale Teil der wirkenden Kräfte möglichst eliminiert war, sodann mit Hilfe dieser 6 Gruppen und der Gauss'schen Theorie die konstanten Kräfte berechnet und schließlich durch Abzug des konstanten Teiles der Kräfte von den 6 (beobachteten) Gruppen der variierende erhalten. Der konstante, äußere, von der Atmosphäre ausgehende Teil ist ein wenig größer als der innere, von der festen Erdrinde bewirkte. Was die Summe der innern und äußern Kräfte der täglichen Periode anbetrifft, so sind in der nördlichen Polarzone (Breite von + 90 bis + 63°) die variierenden Kräfte durchschnittlich sechsmal so groß als die konstanten; und endlich in der Zone, welche zu beiden Seiten des Äquators von den Parallelen + 60 und — 60° begrenzt wird, sind die variierenden Kräfte den konstanten an Größe nahezu gleich.

Dr. Fritsche verbreitet sich eingehend über seine Rechnungsmethode und zeigt des Nähern, daß verschiedene Einwürfe die derselben gemacht worden sind, auf Irrtum beruhen. Den hin und wieder auftauchenden Klagen über die Umständlichkeit der Rechnungen, welche die Anwendung der Gaussschen Theorie erfordert, stimmt er nicht bei, sondern bemerkt, diese Klagen rührten meist von Leuten her, welche nie astronomische Rechnungen ausgeführt haben.

Ferner bemerkt Fritsche, daß zur Bestimmung der Position der magnetischen Erdpole die Gausssche Theorie sich viel besser eigne, als die direkte durch magnetische Beobachtungen in ihrer Nähe, weil die Theorie alle brauchbaren, auf der ganzen Erde gemachten Messungen benutzt, und das Problem dadurch ein bestimmtes wird, indem die nach der Theorie berechneten, auf der Erdoberfläche liegenden Linien, auf welchen die nördlichen und westlichen horizontalen Komponenten X und Y der Erdkraft gleich Null sind, sich in einem bestimmten Punkte, dem gesuchten Pole, schneiden, während es bei der direkten Aufsuchung durch Beobachter an Unbestimmtheit leidet, da die Inklination i im Pole ein Maximum erreicht und dort auf einer großen Fläche von ca. 25000 *qkm* zwischen etwa 89½ und 90° unregelmäßig hin und her schwankt, indem die überall auf der Erdoberfläche vorkommende Anomalie der Inklination von einem Orte zum benachbarten in der Polarregion ca. ½° beträgt. »Auf einem so ausgedehnten, den wahren magnetischen Pol einschließenden Raume müßten an einer beträchtlichen Anzahl (etwa 50 oder mehr) verschiedener, möglichst äquidistanter

Punkte sorgfältige Inklinationsmessungen angestellt und sowohl die dortigen großen gesetzlichen täglichen Variationen als auch die unregelmäßigen Schwankungen durch Variationsbeobachtungen an einer Zentralstation in der Nähe des magnetischen Poles eliminiert werden, um den Ort des letztern exakt zu bestimmen. Man würde dann sicher nicht an einem, sondern an vielen Punkten der großen Fläche von ca. 25000 *qkm* die Inklination 90° erhalten, so daß man nicht wüßte, wo sich der wahre Ort des Poles befände. Die von Ross im Jahre 1831 zur Feststellung der Lage des magnetischen Nordpoles gemachten Messungen gehören nur vier verschiedenen Punkten an, welche im SW, SE und E vom vermeintlichen Pole — dem 5. Beobachtungsorte Ross' — 100—150 *km* entfernt lagen. Im Westen, Nordwesten, Norden und Nordosten von seinem Pole hat Ross gar nicht beobachtet, so daß seine Bestimmung des magnetischen Nordpoles unbrauchbar ist. Ebenso wird auch die Polarreise des Kapitän Amundson, welcher im Frühlinge dieses Jahres (1903) zur Auffindung des magnetischen Nordpoles ausgefahren ist, kein exaktes Resultat ergeben, wenn er nicht viel mehr Beobachtungen an passend gewählten Orten als Ross erlangt. Die Berücksichtigung der magnetischen Deklination in der Nähe des Poles wird hieran nichts ändern, weil die horizontale Kraft der Erde dort nahezu gleich Null ist. Ebenso werden uns auch die Südpolfahrten schwerlich direkte sichere Auskunft über die Lage des magnetischen Südpoles geben können. Nach der jetzt gültigen Definition ist der magnetische Pol der Erde ein Punkt ihrer Oberfläche, in welchem die Inklination = 90°. Der Korrektheit wegen müßte hinzugefügt werden, daß unter der Inklination 90° die ungestörte, normale, durch die ganze Erde aus der Ferne am Polorte hervorgebrachte zu verstehen ist, welche nur durch die Theorie bestimmt werden kann. Es sind von verschiedenen Gelehrten — z. B. Tillo, Bezold etc. — vergebliche Versuche gemacht, festzustellen, was der normale Erdmagnetismus sei, welches seine sogenannten normalen Elemente seien, wie die einfachste Magnetisierung der Erde beschaffen sein müßte, damit man, von ihr ausgehend, die wirklichen Erscheinungen darstellen und sich so eine Art von Surrogat der Gaussschen Theorie, deren Reihen aus vielen Gliedern bestehen, verschaffen könnte. Man ist aber dadurch der Lösung des Problems nicht näher gekommen, weil es unendlich viele verschiedene Arten (Typen) der möglichen Magnetisierung der Erde gibt — von denen man z. B. mittels des Gaussschen Potentialausdruckes, welcher eine Funktion von gh, der Länge λ und Breite φ ist, so viele finden kann, als beliebt, indem man über die Werte g h, λ, φ beliebige Annahmen macht —, und weil die Erde wegen ihrer komplizierten Zusammensetzung nicht einfach magnetisiert sein kann. Die normalen magnetischen Elemente der Erde sind die wirklichen, durch die Gausssche Theorie ermittelten, welche, von in der Nähe des Beobachtungsortes befindlichen Ursachen ungestört, das Resultat der Fernwirkungen der ganzen Erde sind und sich von Ort zu Ort kontinuierlich, gesetzlich ändern.«

Den Versuch van Bemmelens, die Bewegung der magnetischen Erdpole mit der der magnetischen Achse in Beziehung zu setzen, bezeichnet Fritsche als verfehlt, weil die Lage der Pole von 46 Koeffizienten der Theorie, die der magnetischen Achse aber nur von dreien abhängt. Ferner sei die neuerdings von van Bemmelen zur Bestimmung der Position des magnetischen Nordpoles angewandte Methode, welche Halley schon 1683 gebrauchte, veraltet und beruhe auf dem falschen Satze, daß die magnetischen Meridiane im magnetischen Pole konvergieren. So z. B. erhalte man mittels der agonischen Linie, welche südöstlich vom magnetischen Nordpole liegt, offenbar nicht den magnetischen, sondern den astronomischen Nordpol.

Die Arbeit von Dr. Fritsche ist eine überaus verdienstvolle und der von ihm gezeichnete Atlas des Erdmagnetismus eine der bedeutendsten Bereicherungen unseres Wissens über die Verteilung der erdmagnetischen Kräfte in verschiedenen Perioden. Als Probe folgt auf Tafel IV eine verkleinerte Reproduktion der Karte der Linien gleicher magnetischer Deklination für 1915.

Die Bedeutung der magnetischen Vermessung eines ganzen Parallelkreises zur Prüfung der Grundlagen der Gaussschen Theorie des Erdmagnetismus ist von W. v. Bezold und A. Schmidt ausführlich dargelegt worden.[1]) »Die von Gauss entwickelte Theorie des Erdmagnetismus, so führen beide Forscher aus, die für alle Forschungen auf diesem Gebiete die Grundlage bildet und für alle Zeiten bilden wird, beruht auf der Voraussetzung, daß das erdmagnetische Feld ein Potential besitze. Die unter dieser Voraussetzung gezogenen Folgerungen haben sich in weitgehendem Maße als richtig erwiesen. Sie gestatten, aus den Beobachtungen, die doch nur einen mäßigen Teil der Erdoberfläche umfassen, den Verlauf der magnetischen Kräfte nach Größe und Richtung für die ganze Erdoberfläche und den sie zunächst umschließenden Raum mit einer ziemlich weitgehenden Genauigkeit zu berechnen. Diese Methode der Berechnung besitzt auch eine hohe praktische Bedeutung, da die für die Seeschiffahrt unerläßlich notwendigen Karten wegen der stetigen Änderung in der Verteilung der erdmagnetischen Kräfte immer wieder neu aufgelegt werden müssen, und da man sich dabei stets auf die von verhältnismäßig wenigen ständigen Observatorien gewonnenen Beobachtungen stützen muß.

Wenn aber auch die Übereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung eine ziemlich weitgehende ist, so kann sie doch keineswegs als vollkommen bezeichnet werden. Es ist demnach noch eine offene Frage, ob nicht neben dem erdmagnetischen Felde, das ein Potential besitzt, noch ein zweites, wenn auch viel schwächeres, vorhanden ist, das diese Bedingung nicht erfüllt.

Das erstere Feld kann man sich hervorgebracht denken durch geschlossene galvanische Ströme, die zum weitaus größten Teile ganz in oder unterhalb der Erdoberfläche verlaufen, zum kleinern Teile ganz außerhalb derselben, bezw. in der Atmosphäre. Kommen neben diesen Strömen noch solche vor, welche die Erdoberfläche durchsetzen, so besitzen die von ihnen herrührenden magnetischen Kräfte kein Potential, und dann ist die Grundvoraussetzung der Gaussschen Theorie nicht mehr streng richtig. Diese Frage ließe sich mit Sicherheit entscheiden, wenn genügendes Beobachtungsmaterial vorläge.«

Dieses können nur Messungen beschaffen, die nicht nur an sich möglichst genau, sondern auch zweckmäßig verteilt und nahezu gleichzeitig ausgeführt sind. »Um bei einem so großen Unternehmen innerhalb der Grenzen des Erreichbaren zu bleiben, wird man sich im wesentlichen auf solche Beobachtungen beschränken müssen, die zur Herbeiführung einer sichern Entscheidung unbedingt nötig sind, d. h. auf Deklination und Horizontalintensität. Das schließt nicht aus, daß es sich empfehlen dürfte, einige an sich wertvolle Arbeiten, die bei Gelegenheit dieser Beobachtungen ohne Mehraufwand an Zeit

---

[1]) Sitzungsber. der K. Preuß. Akad. d. W. 1903. p. 670.

und Kosten erledigt werden könnten, mit in das Programm aufzunehmen. So wird man z. B., wenn irgend möglich, auch die Bestimmung der Inklination, bezw. Vertikalintensität nicht unterlassen, obgleich für die vorliegende spezielle Frage nur die horizontale Kraft nach Richtung und Größe in Betracht kommt. Von diesen Gesichtspunkten aus ergibt sich leicht der allgemeine Plan des empfohlenen Unternehmens: es sind möglichst scharfe Bestimmungen der Deklination und der Horizontalintensität an hinreichend zahlreichen, annähernd gleichmäßig verteilten Punkten einer Linie vorzunehmen, die einen recht großen Flächenraum umschließt. Dabei ist sowohl darauf zu achten, daß eine im einzelnen recht genaue Ermittlung der magnetischen Elemente möglich ist, als auch darauf, daß der gewählte Linienzug von vornherein ein entscheidendes Resultat erwarten läßt. In beiden Beziehungen erscheint eine Linie, die etwa längs des Parallelkreises von 50° n. Br. verläuft, besonders gut geeignet, und es ist ein günstiger Umstand, daß gerade diese Linie auch in praktischer Hinsicht wohl die zweckmäßigste ist. Verläuft sie doch zum weitaus überwiegenden Teile über Festland und durch bequem zugängliche Gebiete. Was zunächst die genaue Ermittlung der magnetischen Elemente betrifft, so ist diese natürlich zu Lande in höherem Grade möglich als auf dem Meere. Läßt sich also aus andern Gründen kein ganz auf dem Kontinente verlaufender Weg wählen, so ist die genannte Linie, die in mittlern Breiten verhältnismäßig am meisten über Land zieht, zur Ableitung eines möglichst sichern Wertes besonders geeignet. Weiter nördlich, zwischen 60 und 70° n. Br., ist allerdings das Verhältnis zwischen den kontinentalen und den ozeanischen Abschnitten des Parallels noch günstiger, indem nicht viel mehr als $^1/_4$ des ganzen Kreises auf dem Meere verläuft. Aber einerseits werden die Messungen wegen der Störungen in höhern Breiten immer unsicherer, und anderseits sind die äußern Bedingungen auf einem so hoch im Norden gelegenen, vielfach schon durch unwirtliche Gegenden ziehenden Kreise weniger befriedigend. Dazu kommt noch, daß das gesuchte Ergebnis um so sicherer erhalten wird, je größer der umschlossene Flächenraum ist, ein Umstand, der es zweckmäßig erscheinen läßt, dem Äquator so nahe zu bleiben, wie es andere Rücksichten irgend zulassen. Von wesentlicher Bedeutung ist es weiterhin, daß die Messungen möglichst genau auf einen bestimmten Zustand des erdmagnetischen Feldes reduziert, d. h. also vor allem von dem Einflusse der Störungen, der täglichen Schwankung und der Säkularänderung befreit werden können. Zu diesem Zwecke ist es wünschenswert, daß längs des gewählten Linienzuges eine größere Anzahl gut verteilter magnetischer Observatorien liegen. Das ist nun bei der genannten Linie, die durch die Hauptkulturgebiete der Erde führt, mehr als bei jeder andern der Fall, und es wird sich vielleicht empfehlen, gerade bei der endgültigen Festsetzung derselben auf diesen Umstand besondere Rücksicht zu nehmen. Freilich

wird es mindestens sehr wünschenswert, wenn nicht unerläßlich sein, daß für die Dauer der Vermessung noch an 2 oder 3 Stellen, besonders nahe der Ostküste von Asien und nahe der Westküste Nordamerikas, Observatorien in Betrieb gehalten werden.«

Die Verf. bezeichnen auf einer Erdkarte genauer den Weg, längs dessen in Abständen von 60—80 *km* genaue Messungen auszuführen.

»Im südlichen England und nördlichen Frankreich beginnend, müßte man durch Norddeutschland nach Rußland weitergehen, so daß Moskau etwas südlich liegen bleibe. Bei dieser Linie könnten alsdann die Observatorien von Kew, Greenwich, Paris, Utrecht, Wilhelmshaven, Potsdam, in gewissem Sinne auch Pawlowsk bei St. Petersburg, und endlich Moskau als Stützpunkte dienen, während das außerordentlich stark gestörte Gebiet im Süden dieser Stadt vermieden würde.

Von dem nördlich von Moskau gelegenen Punkte ginge es dann nach Osten und Ostsüdosten südlich von Katharinenburg weiter, um etwa bei Omsk die transsibirische Eisenbahn zu erreichen, und dann über Irkutzk nach der Küste des Großen Ozeans. Man könnte sich hierbei auf die Mitwirkung der beiden schon längst bestehenden Observatorien in Katharinenburg und Irkutzk stützen, während an der Ostküste Asiens, etwa in Wladiwostok, ein neues, wenn auch nur temporäres Observatorium zu errichten wäre.

In Amerika kämen 2 Linien in Betracht: die eine längs der kanadischen, die andere längs der nördlichen Pazifikbahn in den Vereinigten Staaten. Es dürfte sich empfehlen, beide Wege einzuschlagen, um dadurch einen kleinen ausschließlich auf dem Festlande verlaufenden Polygonschluß zu gewinnen, der gerade dort von besonderer Bedeutung wäre, da nach der oben angeführten Untersuchung in dieser Gegend die stärksten vertikalen Ströme zu erwarten wären. Die in Amerika in Betracht kommenden Observatorien von Washington und Toronto bedürften allerdings noch einer Ergänzung in der Nähe der Westküste. Der Verlauf der Linie über die Meere hin ist natürlich durch die Endpunkte der Landstrecken bestimmt.«

Die Lehre von dem Wesen und Wandern der magnetischen Pole der Erde in ihrer historischen Entwicklung ist von Dr. E. H. Schütz in einem größern Werke kritisch dargestellt worden.[1]) Dr. H. Maurer[2]) gibt eine kurze Analyse des Inhaltes desselben, der das Folgende entnommen wurde.

Aus der Definition eines magnetischen Erdpoles als Berührungspunkt einer Potentialfläche und der Erdoberfläche wird dargetan, daß in ihm die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus verschwindet,

---

[1]) Berlin 1902. Verlag von G. Reimer.

[2]) Ann. d. Hydrographie 1903. p. 62.

alle magnetischen Meridiane und alle Isogonen sich schneiden und die Inklinationsnadel senkrecht steht. Nach diesen Eigenschaften ist die geographische Bedeutung der Pole zu würdigen; man darf ihnen aber nicht zu viel Wichtigkeit zuerkennen, wozu die sonstige Bedeutung des Wortes »Magnetpol« als eines Punktes, in dem man sich den Sitz der Gesamtkraft denken darf, verleiten kann. Mit Recht weist der Verfasser darauf hin, daß die gebräuchliche Mercatorprojektion nicht imstande ist, ein anschauliches Bild von der Verteilung der magnetischen Eigenschaften über die Erdoberfläche zu geben, was auch für alle Isogonenkarten überhaupt gilt. Da auf diesen nur der Winkel zwischen dem magnetischen und astronomischen Meridiane zur Darstellung kommt, spielen auf ihnen die astronomischen Erdpole genau dieselbe Rolle wie die magnetischen, während sie gar kein magnetisches Interesse haben. Dem Werte der Isogonenkarten als graphischer Tabellen und für das Erkennen magnetischer Störungen wird Verfasser gerecht. Wohl nicht ganz zutreffend hält er die magnetischen Meridiane für weniger natürliche Linien als ihre rechtwinkeligen Trajektorien, die Äquipotentiallinien. Beide liefern bezüglich der magnetischen Gesamtkraft in gleicher Weise die Vertikalebene, in die sie fällt. Dagegen erkennt er den Wert der magnetischen Meridiane an, indem er ihre Einzeichnung in Karten orthographischer Projektion empfiehlt und die Definition der magnetischen Pole, als der Schnittpunkte der magnetischen Meridiane, als zulässig bezeichnet, wie sie denn auch van Bemmelen auf das glücklichste zur Konstruktion der Pole benutzt hat. Die Erfahrung hat nur zwei magnetische Erdpole ergeben. Sie können bestimmt werden: 1. durch Beobachtung an Ort und Stelle; 2. durch Interpolation aus Beobachtungen in ihrer Nähe; 3. durch Berechnung aus polfernen Beobtungen. Alle 3 Methoden sind zur Anwendung gekommen.

Aus der geschichtlichen Darstellung, die von 1190 bis auf unsere Zeit reicht, sei folgendes erwähnt:: 1492 findet Columbus die räumliche, 1635 Gellibrand die zeitliche Veränderlichkeit der Deklination. 1546 definiert Mercator den Pol als Schnittpunkt der magnetischen Meridiane (eine Karte Mercators mit Angaben des magnetischen Poles im Norden wird von Dr. Schütz reproduziert). 1581 verlegt Normann den Sitz der erdmagnetischen Kraft ins Erdinnere und betrachtet die Pole lediglich als Treffpunkte der magnetischen Meridiane. Bond, 1668 und 1672, nimmt zwei magnetische Pole und eine gegen die Erdachse geneigte magnetische Achse an. 1683 gibt Halley 4 Pole an, davon zwei fest in der Erdrinde, zwei auf einem getrennt von der Rinde rotierenden Nukleus. Euler 1756 definiert die Pole als Punkte, in denen die magnetische Totalkraft vertikal ist; er berechnet die magnetische Verteilung unter Annahme eines exzentrisch in der Erde gelegenen Magneten. Hansteen (1819) kehrt zu 4 Polen zurück, die er mit verschiedener Geschwindigkeit umlaufend annimmt, so daß nach 25 800 Jahren immer dieselbe

Konstellation wiederkehrt. Am 1. Juni 1831 erreicht J. Ross den arktischen Magnetpol. Auch für den Süden wird die Existenz nur eines Magnetpoles wahrscheinlich. Die Gaussschen Berechnungen nach je 12 Stationen auf 7 Breitekreisen ergeben ebenfalls nur 2 Pole, deren Bedeutung durch die Gaussschen Arbeiten selbst, wie durch Ampères Theorie stark geschwächt erscheint. Die magnetische Achse nach Gauss als die Richtung, in der die Erde ihr maximales Moment hat, fällt nicht mit der Verbindungslinie der Pole zusammen. Sind kosmische Kräfte die Ursache der Säkularänderungen des Erdmagnetismus, so ist die größere Wichtigkeit der magnetischen Achse den Polen gegenüber klar.

Von neuern, auf die Wanderung der Pole bezüglichen Arbeiten bespricht der Verfasser genauer die von G. D. Weyer, »Astronomische Nachrichten« 1894 Bd. 136 Spalte 209—222, von H. Fritsche: »Die Elemente des Erdmagnetismus für 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885 und ihre säkularen Änderungen, berechnet mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussschen Allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus, St. Petersburg 1899« und von W. van Bemmelen: »Die Säkularverlegung der magnetischen Achse der Erde. Observations made at Batavia, Vol. XXII, Append. I, 1900.«

Weyer konstruiert Schnittpunkte der als größte Kugelkreise ausgezogenen Kompaßrichtungen von je 8 Paaren von Orten jeder Halbkugel für 1680, 1710, 1740, 1770, 1800, 1830, 1860 und 1890, und findet so eine mittlere Polbahn. Schütz schließt sich der bereits von andern Seiten gefällten ablehnenden Kritik dieses Versuches an, und in der Tat ist es kaum verständlich, daß man die Schar der magnetischen Meridiane zwischen den Polen, die in Länge nicht 120° und in Distanz rund nur 160° voneinander liegen, größten Kreisen für so nahe kommend ansehen kann, daß man 8 Paare von Schnitten von Punkten aus, die auf der Nordhalbkugel zwischen 39 und 59° Breite, auf der Südhalbkugel gar zwischen 3 und 23° Breite liegen, für eine Konstruktion der Pole für ausreichend erachtet.

Van Bemmelen hat nach alten Schiffsbeobachtungen Karten magnetischer Meridiane für 1600, 1650 und 1700 konstruiert, die zuverlässiger als die Karten von Halley und Hansteen erscheinen, und nach ihnen die Bahn des Poles im Norden durch graphische Extrapolation bestimmt. Seine Annahmen geben dabei wenig Anlaß zu ernsten Bedenken.

H. Fritsche berechnet nach der Gaussschen Theorie die Koeffizienten, und zwar nicht wie Gauss, Petersen, Neumayer 24, sondern 48 Glieder. Dabei sind seine Rechnungen auf je zwölf äquidistante Beobachtungsorte auf 17 Parallelkreisen basiert und für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842, 1885 durchgeführt. Da das Beobachtungsmaterial für die Epochen vor 1842 nicht ausreicht, macht Fritsche darüber eine Anzahl von Hypothesen, die dem Materiale eine

so geringe Zuverlässigkeit geben, daß sie zu der großen Mühe der Berechnung in gar keinem Verhältnisse mehr steht. Immerhin schließt sich Schütz der abfälligen Kritik, die die Fritscheschen Arbeiten deshalb anderwärts gefunden haben, nicht an. Er zeigt vielmehr, daß für 1700 die Angaben von Fritsche mit den Inklinationsbeobachtungen von Feuillée besser übereinstimmen als die Hansteensche Inklinationskarte. Übereinstimmend finden van Bemmelen und Fritsche, daß der Magnetpol im Norden seit 1650—1885 etwa von 80° N bis 70° N gewandert ist. Gegenwärtig nimmt van Bemmelen eine mehr nordwärts, Fritsche eine nach südwärts gerichtete Bahn des Poles an.

Die Deklination liefert nach Schütz am meisten Material zur Untersuchung der Polwanderung. Fritsches Rechnungen, die auch für 1900 die Lage des Poles geben, wären zur Vorausbestimmung verwendbar, wenn sich noch weitere Garantien für die Zulässigkeit seiner Annahmen ergeben. Vielleicht läßt sich die Lage des Poles einwandfrei mit der des Endpunktes der magnetischen Achse in Beziehung setzen (van Bemmelen fand ungefähr gleichbleibende Distanz zwischen beiden). Experimentelle Festlegungen der Pole sollten etwa dreimal im Jahrhunderte stattfinden.

Die erdmagnetischen Verhältnisse auf Bornholm hat Prof. Adam Paulsen untersucht und darüber neuerdings wiederum berichtet.[1]) Bornholm liegt in der Ostsee 41 *km* von der Südostspitze Schwedens und 155 *km* östlich von der Insel Seeland, in Form eines Parallelogramms, dessen eines Seitenpaar von Nordwest nach Südost, dessen anderes nordsüdlich verläuft. Die Nordspitze hat 55° 17′, die Südspitze 55° 0′ n. Br., während die Ost- und Westspitze auf den Meridianen 15° 9′ und 14° 42′ O. v. G. liegen. Von der Südwestküste erstreckt sich bis zum Adlersgrund die flache Rönnebank, während die drei andern Küsten von tiefem Meere umgeben sind. Der Boden des größern Teiles der Insel besteht aus eisenhaltigem Granit, der südliche aus Sandstein. Ein pflastersteingroßes Stück diesen Granits brachte, dicht an das Kompaßgehäuse gehalten, eine Ablenkung der Magnetnadel um 2° hervor. Seit 1890 hat Paulsen systematische Untersuchungen über die erdmagnetischen Verhältnisse der Insel angestellt, insbesondere an 108 Stationen Bestimmungen meist aller 3 Elemente des Erdmagnetismus vorgenommen. Nach diesen verhält sich der Landklotz Bornholms im großen ganzen qualitativ etwa so, wie eine Masse weichen Eisens vom Erdmagnetismus beeinflußt werden würde. In dem aus dem Meere emporragenden obern Teile des Klotzes überwiegt Südmagnetismus; das Nordende der Nadel wird nach der Insel hingezogen, so

[1]) Congrès maritime international de Copenhague 1902. Anomalies de champ magnétique terrestre en Danemark. Daraus in Ann. d. Hydrographie 1903. p. 147, woraus oben der Text.

daß die westliche Deklination im Osten und Nordosten den normalen Wert übertrifft, im Westen und Südwesten unter ihm bleibt. Eine Figur zeigt den Betrag dieser Abweichungen vom Normalen, der im Nordosten + 2°, im Westen — 3° übertrifft, und man erkennt daraus, daß, während normal in dieser Gegend die westliche Deklination nach Westen zunehmen sollte, sie über Bornholm nach Westen hin abnimmt, und zwar finden wir auf der Insel Unterschiede, die im Maximum nahe an 5° herankommen, während ein Änderungsbetrag von nur 20′, und zwar im entgegengesetzten Sinne, normal wäre. Die Inklination ist der oben angedeuteten Grundvorstellung entsprechend fast überall größer als die normale, da das Nordende der Nadel von der Insel angezogen wird. Von den 76 Beobachtungsorten der Inklination zeigten nur fünf ein geringes Zurückbleiben der nördlichen Inklination hinter dem normalen Werte, während im Durchschnitte aller 76 Beobachtungsorte die vorhandene Inklination den normalen Wert um 28′ übertraf.

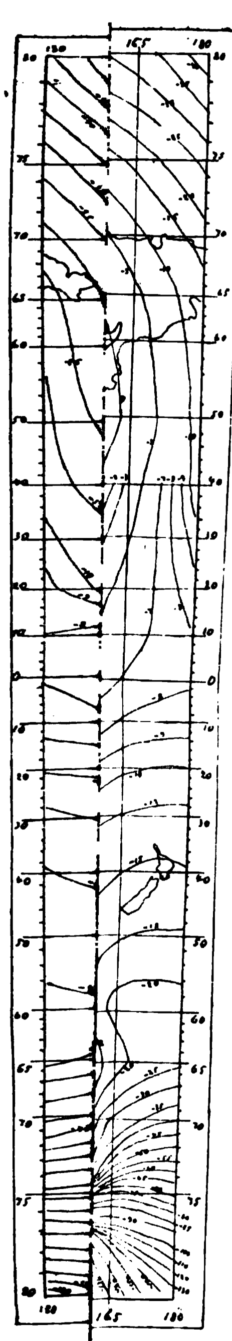
Die Horizontalintensität des Erdmagnetismus erscheint im Durchschnitte geschwächt. Unter den 99 Beobachtungsstationen zeigen nur 24 einen etwas größern Wert der Horizontalintensität, als er normal wäre, während der Durchschnittswert aller 99 Stationen um 0.000 65 cgs. Einheiten unter dem Normalwerte liegt.

Die Normalwerte sind auf Grund der Karten von Neumayer unter Mitbenutzung eigener Beobachtungen in Kopenhagen und auf Jütland von Paulsen abgeleitet, und zwar gibt er für die Mitte von Bornholm an:

	Westl. Deklination.	Nördl. Inklination.	Horizontalintensität.
1891.5 . . .	9° 20.2′	68° 15′	0.176 72 cgs.
1900.5 . . .	8° 32.2′	68° 4′	0.178 68 „

Aus den Unterschieden zwischen den wahren und den normalen Werten der erdmagnetisehen Kraftkomponenten hat Paulsen auch für jede Station die störende Kraft nach Größe und Richtung bestimmt. Ihr mittlerer Wert beträgt 0.0079 cgs.-Einheiten, d. i. 17 $^0/_0$ der normalen Totalkraft des Erdmagnetismus; auf einer Station steigt er bis zu 0.0212 cgs.-Einheiten. Die Horizontalkomponente der störenden Kraft hat einen mittlern Wert von 0.0039 cgs.-Einheiten, d. i. 22 $^0/_{00}$ des normalen Wertes der Horizontalintensität. Eine Darstellung dieser Horizontalkomponenten der störenden Kraft nach Größe und Richtung gibt eine Figur. Die Neigung der störenden Totalkraft gegen den Horizont ist an den West- und Nordostküsten gering, nimmt aber im Mittelpunkte und im Süden der Insel stark zu und erreicht auf 2 Stationen 88°.

Nach den zahlreichen Deklinationsbestimmungen, die der Kapitän zur See in der dänischen Kriegsmarine, Hammer, auf dem Meere um Bornholm gemacht hat, nimmt die Deklination ab, wenn man sich der Westküste der Insel nähert, in deren Nähe sie nahezu denselben geringen Wert wie auf dem Strande erreicht. Von ihrem hohen Werte



Ed. He[illegible] XIV, 1903.
[illegible]el IV.

nimmt an der Ostküste die Deklination ziemlich rasch ab, wenn man ostwärts fährt. Die magnetische Einwirkung der Insel Bornholm erstreckt sich auf dem Meere bis in Entfernungen von etwa 15 *km* von ihren Küsten.

An der Südwest- und der südlichen Ostküste Bornholms ist die Horizontalkomponente der störenden Kraft im allgemeinen nicht senkrecht zur Küste gerichtet, sondern wir finden ähnliche Verhältnisse wie im Innern der Insel vor. Die Rönnebank zeigt eben noch ähnliche Wirkungen wie Bornholm selbst, nur in etwas geringerer Stärke.

Auf der Insel selbst hat Paulsen sehr starke Unterschiede in der Größe der störenden Kraft auf benachbarten Stationen gefunden.

Auch aus dem übrigen Gebiete des Königreichs Dänemark sind magnetische Störungen bekannt geworden: Im nördlichen Teile von Fünen ist die westliche Deklination 1° größer als im Süden der Insel. Bei Korsör und Skelskör erreicht die Deklination beinahe denselben Wert wie im nördlichen Fünen.

Die magnetische Inklination in vorgeschichtlicher Zeit. Bekanntlich hat[1]) Folgheraiter eine Methode hierzu angegeben, die darauf beruht, daß Ton beim Brennen durch die erdmagnetische Inklination einen von der Stärke des Erdmagnetismus abhängigen Magnetismus annimmt und dauernd behält. Diese Methode hat er erfolgreich angewendet, und sie ist unlängst von Paul L. Mercanton wieder aufgenommen worden[2]) an Resten gebrannten Tones, die den Pfahlbauten der Schweizerseen entstammen. Alle ergaben Zeichen von Magnetismus. Da indessen unter diesen Gefäßen nur sehr wenig unversehrt erhalten sind, ihr Brennen ein sehr ungleichmäßiges gewesen und spätere Einwirkungen von Feuer sich störend bemerkbar machten, auch in den meisten Fällen selbst ungefähre Schlüsse über die Orientierung der Gefäße beim Brennen ganz unmöglich waren, blieb die Ausbeute für die Erkenntnis des Erdmagnetismus zur Zeit der Herstellung der Gefäße eine sehr geringe. Mercanton behandelt 5 Fälle, in denen einige Anzeichen über die Richtung und den Sinn des Magnetismus erhalten wurden; unter diesen sind zwei aus dem Neuchateler See stammende Gefäße, welche zu dem Schlusse berechtigen, daß in der Bronzezeit die magnetische Inklination eine nördliche und ziemlich starke gewesen. Trotz der großen Schwierigkeiten dieser Untersuchung und der sehr mäßigen positiven Ergebnisse seiner Befunde hält es aber Mercanton für empfehlenswert, diese Arbeit wieder aufzunehmen, da ein zufälliger glücklicher Fund, ein oder zwei ganz sichere Resultate über die Richtung der Inklination für die Verwertung der übrigen Objekte ungemein förderlich sein würden.

---

[1]) Vgl. dieses Jahrbuch 8. p. 112; 10. p. 178.

[2]) Bull. de la Société vaudoise des sciences etc. Ser. 4. 38. p. 335.

Erdbeben.

Die Erdbebenforschung im Deutschen Reiche. Hierüber berichtete Prof. Dr. Gerland auf dem vierzehnten deutschen Geographentage in Köln.[1]) Das Deutsche Reich hat die unter der Leitung Gerlands stehende Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg errichtet; es hat ferner die erste internationale Konferenz für Erdbebenforschung im April 1901 in Straßburg ermöglicht und seismographische Stationen im ganzen Reiche für notwendig erkannt. An den Verhandlungen des der Kaiserlichen Hauptstation zur Seite gestellten Kuratoriums nehmen auch Vertreter des Reiches teil. Nach den vom Kuratorium gebilligten Vorschlägen soll die Seismizität Deutschlands dauernd erforscht werden, die großen (makroseismischen) und die kleinen (mikroseismischen) Beben, daneben die langsamen Schwankungen der Lotlinie, sowie auch die Fernbeben. Als Hauptstationen für die hierzu nötigen Beobachtungen sind in Aussicht genommen: Aachen, Karlsruhe, Darmstadt, München, Göttingen, Hamburg, Leipzig, Jena, Breslau, Königsberg, Potsdam, zu denen zahlreiche Nebenstationen treten. Die Sammelberichte der Hauptstationen sollen sämtlich der Zentralstation in Straßburg zugehen. Neben der lokalen Forschung hat das Reich namentlich die internationale gefördert. So wird das gegenwärtige Jahr (1903) für die Erdbebenforschung von besonderer Wichtigkeit werden, indem das Auswärtige Amt des Deutschen Reiches die Anregung zum Zusammentritte einer zweiten internationalen seismischen Konferenz in Straßburg gegeben hat. Dieselbe befaßte sich in erster Linie mit konstitutiven Verhandlungen und wird, wo möglich, zur Konstituierung einer internationalen Staatenassoziation führen, die in einem internationalen Zentralbureau ihr Arbeitsorgan erhält. Bezüglich der Beobachtungen der Assoziation sind ins Auge gefaßt: die Bewegungen, welche nicht durch Erdbebenstöße veranlaßt sind, Gesamtbewegungen von Flächenteilen der Erdrinde, langsame Bewegungen solcher Teile, sodann die mikroseismischen Flächenbewegungen (tremors), ferner die Erdpulsationen oder pulsatorischen Oszillationen und die Niveauveränderungen (Lotschwankungen). Sie sollen nach Art, Zeit und Dauer ihres Auftretens festgestellt und die Ursachen ihrer Entstehung erforscht werden. Ferner sollen die Bewegungen untersucht werden, die durch Erdbebenstöße veranlaßt auftreten, nämlich die makroseismischen Bewegungen, die direkt fühlbaren Erdbeben, die Lage des Epizentrums, des eigentlichen Stoßgebietes des Erdbebens; die Tiefenlage des Herdes; das zeitliche Auftreten, eventuelle Perioden, die Ursachen der Erdbeben; die mit Erdbeben häufig verbundenen Schallphänomene. Dann handelt es sich um die geographische Feststellung der Hauptschüttergebiete der Erde; um kartographische Festlegung der geographisch-

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 506.

seismischen Tatsachen, die schließlich zur Herstellung einer seismischen Weltkarte führen werden. Einen weitern Beobachtungsgegenstand werden die Seebeben bilden. Hier handelt es sich um Aufstellung und Beobachtung von Pegeln an besonders ausgewählten Stellen. Endlich die Fernbeben, die mikroseismische Fortleitung makroseismischer Erdbebenstöße, mit genauen Zeitbestimmungen des Eintrittes derselben an möglichst vielen Stationen, behufs der Berechnung des Ausgangspunktes der Bewegung.

Messungen der Bodenbewegungen bei einer Sprengung auf dem Schießplatze Cummersdorf hat Prof. O. Hecker ausgeführt und diskutiert.[1]) Das Sprengmaterial war oberirdisch auf einer ebenen Sandfläche untergebracht. Die Instrumente verzeichneten ihre Angaben der horizontalen und vertikalen Komponente der Bewegung automatisch und waren gegen die Einwirkung der durch die Explosion erzeugten Luftwellen geschützt. Es waren 5 Stationen in Abständen von je 70 *m* errichtet, doch wurden an der Station I durch hineingeschleuderten Sand die Apparate außer Funktion gesetzt, so daß nur die Angaben von 4 Stationen zur Verfügung standen. Die Betrachtung der registrierten Kurven zeigt, daß in der Horizontalrichtung zunächst ein Ansaugen des Bodens nach der Sprengstelle hin erfolgt war, mit welchem gleichzeitig eine vertikale Bewegung des Bodens nach unten verbunden war; die folgenden horizontalen Schwingungen sind dann regelmäßig von vertikalen Bewegungen begleitet, und zwar entspricht einer Bewegung von der Sprengstelle weg eine Hebung des Bodens und umgekehrt. An Station II ist die Bodenbewegung noch ziemlich regelmäßig einer einfachen Sinusbewegung mit schnell abnehmender Amplitude ähnlich; an Station III zeigt sich bereits eine Zersplitterung der Hauptwelle, die an den weitern Stationen noch zunimmt. Die Größen der Bodenbewegungen an den 4 Stationen waren in horizontaler Richtung: II 1.67 *mm*, III 0.92 *mm*, IV 0.54 *mm* und V 0.49 *mm*; die vertikalen Bewegungen waren im Maximum bei Station III 0.70 *mm*, bei V 0.20 *mm*. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Hauptwellen in dem Sandboden wurde $= 238\,m \pm 7\,m$ in der Sekunde berechnet, in guter Übereinstimmung mit Mallet (250 *m*) und der frühern Messung (205 *m*).

Vor der Ankunft der Hauptwellen traten kleine Wellen auf, die sich an einigen Kurven erkennen lassen, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht abzuleiten war, weil ihr Eintritt sich nicht scharf genug markierte. Sicher war nur ihre Geschwindigkeit sehr viel größer als die der Hauptwellen, und in 500 *m* Entfernung von der Sprengstelle war die Verspätung der Hauptwellen gegen die kleinen schon sehr auffällig. G. H. Darwin definiert in seinen theoretischen Untersuchungen die Erdbebenwellen als schnell sich fortpflanzende

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. 6. p. 87.

Kompressionswellen und langsamer sich bewegende Verschiebungswellen. Höchst wahrscheinlich sind die beobachteten vorauseilenden Wellen wirklich Kompressionswellen; dafür spricht auch, daß bei der Sprengung von 1897 die kleinen, vorauseilenden Wellen eine Geschwindigkeit (1437 *m*) gezeigt, welche der Fortpflanzung der Schallwellen im Wasser (1418 *m*) nahe ist. Sehr erwünscht sind nun fortgesetzte Experimente über die Fortpflanzung der Wellen an Orten mit möglichst homogenen obern Schichten; denn wenn mit Sicherheit nachzuweisen ist, daß die vorauseilenden Wellen Kompressionswellen und die Hauptwellen Verschiebungswellen sind, ist »ein großer Fortschritt zur Erweiterung unserer Kenntnisse des Erdinnern getan«. Ergibt sich nämlich aus den Beobachtungen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Verschiebungswellen im Bogen des größten Kreises gemessen konstant oder angenähert konstant sind, so folgt daraus, daß die Verschiebungswellen sich nur in den obern Schichten der Erdkruste fortpflanzen. Die Kompressionswellen hingegen werden unter allen Umständen einen Teil des Erdinnern durchlaufen und nicht in einer geraden Linie vom Entstehungs- zum Beobachtungsorte sich fortbewegen, sondern sich nach Elastizität und Dichte nach den verschiedenen Tiefen des Erdinnern richten. Ziemlich sicher ist bereits mehrfach festgestellt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der ersten Erschütterungen des Bodens (der Vorbeben) eine mit der Entfernung vom Herde stark wachsende Geschwindigkeit haben. Bewährt sich dabei die konstante Geschwindigkeit der Verschiebungswellen, so würde das einen Beweis dafür erbringen, daß das Erdinnere nicht fest ist.

Das Erdbeben von Ceram am 30. September 1899 bildete den Gegenstand einer eingehenden Studie von Prof. E. Rudolph.[1] Dieses Beben gehört zu den wenigen des Jahres, deren Epizentrum bekannt ist, und deren Ausbreitung über die Erde hin sich mit ziemlicher Sicherheit verfolgen läßt. Dank der Untersuchung von R. D. M. Verbeek,[2] sind wir in der Lage, uns eine Vorstellung von dem Auftreten des Bebens im makroseismischen Schüttergebiete und von den Beschädigungen, welche durch dasselbe angerichtet worden sind, zu machen. Prof. Rudolph gibt zunächst an der Hand dieser dankenswerten Arbeit einen kurzen Überblick über den Verlauf und die Wirkungen des Bebens, um sich dann der Betrachtung der Fortpflanzung der durch die Erschütterung veranlaßten seismischen Wellen zuzuwenden.

Am stärksten machte sich die Erschütterung an der Südküste von Ceram in der Umgebung der Elpaputibai geltend. In dem gebirgigen Lande westlich von der Bai wurden durch dieselbe zahl-

---

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. **6.** p. 238.

[2]) Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië 1900. **60.** p. 219—228. 1 Karte 1 : 1000000.

reiche Erdrutsche verursacht, wie an den hellschimmernden, gelben und weißen Stellen erkennbar war, die sich nach dem Beben von ihrer Umgebung deutlich abhoben. Während im allgemeinen der Stoß auf Ceram als mittelmäßig stark bezeichnet wird, war er an der Westküste der Elpaputibai sehr stark. Von hier als dem Mittelpunkte hat sich der Stoß nach allen Seiten hin fortgepflanzt, am stärksten aber nach Westen und Osten. In dem Kalkgebirge landeinwärts von Kawa an der Westküste von Ceram waren überall die Spuren von frischen Abstürzen sichtbar. Dasselbe war in dem gebirgigen Innern der Kawa gegenüber gelegenen Insel Boano der Fall, woraus man schließen muß, daß auch hier das Erdbeben noch ziemlich stark war.

Was die Verbreitung des Bebens außerhalb Ceram angeht, so ergibt sich der bemerkenswerte Umstand, daß das Beben in Ternate und auf Halmahera äußerst schwach war, während es auf dem viel weiter von Ceram entfernten Celebes sich ziemlich stark bemerkbar machte. Da von den Kleinen Sundainseln, die gerade südlich von Ceram liegen, keine Nachrichten über das Erdbeben eingelaufen sind, so kann man annehmen, daß der Stoß sich nicht durch die Bandasee südwärts ausgebreitet hat und im wesentlichen auf die Molukken beschränkt war. Die Fortpflanzung einer stärkern Bewegung in nordwestlicher Richtung von Ceram über Gr.-Obi bis zur Minahassa hat vielleicht in besondern tektonischen Verhältnissen ihre Ursache. Es ist nun jedenfalls eine auffallende Tatsache, daß trotz der mäßigen Stärke des Stoßes (etwa V—VI der Intensitätsskala de Rossi-Forel) und trotz der verhältnismäßig geringen Ausdehnung der Schütterfläche die durch den Stoß verursachten Erdbebenwellen eine so ungeheuere Verbreitung gehabt haben. Wie sich aus der weitern Untersuchung ergab, haben sich die seismischen Wellen nicht nur rund um die Erde fortgepflanzt, sondern wahrscheinlich auch durch das Erdinnere hindurch, so daß wir uns vorstellen müssen, daß der ganze Erdball in Schwingungen geraten ist.

Die Festlegung des Epizentrums ist mit großen Schwierigkeiten verknüpft, weil die Anzahl von Europäern, die zuverlässige Beobachtungen über die Bewegungsrichtung des Stoßes hätten machen können, auf Ceram eine sehr geringe ist. In dem vorliegenden Falle glaubt Verbeek nur 2 Beobachtungen verwerten zu dürfen, und auch diese beiden sind nicht einmal über allen Zweifel erhaben. Sie führen auf 128° 30′ E. L. und 3° 10′ S. Br. Der epizentralen Fläche gibt Verbeek eine elliptische Gestalt, deren große Achse eine Länge von etwa 8 Bogenminuten hat.

Die Ausbreitung der Bewegung von diesem pleistoseisten Gebiete nach Westen und Osten ist nach Verbeek vor allem durch eine alte Bruchlinie begünstigt, die der Südküste von Ceram parallel verläuft und auch in der Topographie der Insel zum Ausdrucke kommt.

Der durch die Erderschütterung allein verursachte Schaden wäre nicht so bedeutend gewesen, und besonders wäre kein so schwerer

Verlust an Menschenleben zu beklagen gewesen, wenn nicht der Erderschütterung eine Meeresbewegung gefolgt wäre, durch welche die niedrig gelegenen Küstenstrecken überflutet und die Dörfer weggeschwemmt wurden. Die Zahl der auf diese Weise ums Leben gekommenen Personen wird auf 3864 angegeben. Infolge des Erdstoßes lösten sich nämlich ebenso wie im Binnenlande auch an der Küste an verschiedenen Stellen mehr oder minder große Massen lockern Materials ab und verursachten durch die plötzliche Wasserverdrängung Wellen, welche mit einer Höhe von 2—6 *m*, ja selbst 9 *m* gegen die Küste anstürmten und je nach der Beschaffenheit dieser letztern bis zu 270 *m* landeinwärts alles überfluteten und mit sich fortrissen. Verbeek liefert den ganz genauen Nachweis, daß derartige Wellen nur dort entstanden, wo Landteile ins Meer sanken. An andern Stellen, wo das Erdbeben zwar auch gefühlt wurde, aber kein Abbruch und kein Erdrutsch an der Küste damit verbunden war, bildete sich keine Welle; eine Überflutung dieser Stellen trat nur dann ein, wenn die Orientierung der Küstenstrecke derart war, daß sie durch eine von einer andern Seite herkommende Welle erreicht werden konnte. Auch in dieser Hinsicht hatten die Meeresbuchten an der Südseite von Ceram, die Pirubai und vor allem die Elpaputibai am meisten zu leiden. An der Küste der letztgenannten Bai sind allein etwa 2460 Menschen ums Leben gekommen; und die Welle, welche sich von hier aus in die offene Bandasee fortpflanzte, erreichte sogar noch die 187 *km* entfernte Insel Banda Neira und verursachte hier ein Steigen des Wassers um 1 *m* über Hochwasser. Diese Tatsachen stützen die von Verbeek aufgestellte Behauptung, daß sich in der Nähe der Elpaputibai das Epizentrum des Bebens befinden müsse.

In bezug auf die Angaben über den Augenblick, in welchem der Erdstoß im Epizentrum oder an andern vom Epizentrum entfernt gelegenen Punkten eintraf, ist man ebenso übel daran, wie bei den oben betrachteten Richtungsangaben.

Prof. Rudolph findet aus Kombination der entfernten Stationen, an welchen das Beben registriert worden, als Zeit der Erschütterung im Epizentrum 17^{h} 1.08^{m} mittl. Zeit von Greenwich. Er diskutiert nun im einzelnen die Aufzeichnungen an 27 seismischen Stationen und findet, daß, wenn man den Versuch macht, die im vorstehenden erwähnten zahlreichen Zahlenangaben übersichtlich zusammenzustellen und diejenigen Daten auszusuchen, welche gleichen Phasen entsprechen, um auf diese Weise eine Vorstellung von der Aufeinanderfolge der verschiedenen Wellen und ihrer verschieden großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu erhalten, man auf Schwierigkeiten stößt, welche bei dem heutigen Stande der seismischen Beobachtungen nur teilweise zu überwinden sind. »Diese Schwierigkeiten«, sagt er, »liegen vor allen Dingen in den verschiedenartigen Systemen seismischer Apparate, welche auf den Beobachtungsstationen in Gebrauch sind. Es ist nicht bloß der den einzelnen Pendeln eigentümliche verschieden

hohe Grad der Empfindlichkeit, welcher die Einreihung der Zeitangaben in die ihnen zukommende Phase oft fast unmöglich macht; viel erschwerender wirkt der Umstand, daß nur die wenigsten Instrumente Seismogramme liefern, denen man die beiden zur Charakterisierung der Erdbebenwellen wichtigsten Eigentümlichkeiten, die Schwingungsperiode und -amplitude entnehmen kann.

Die Stationen Kap der guten Hoffnung und Göttingen geben allein ein vollständiges Bild der Störung. Indessen ist das Seismogramm der erstgenannten Station so undeutlich, daß eigentlich nur Göttingen als diejenige Station übrig bleibt, die ein brauchbares Bild geliefert hat. Bei allen andern ist dagegen bald die eine, bald die andere Phase nicht erkennbar.

Betrachtet man die Zeitangaben für die erste Störung, so ergibt sich, daß auf einer ganzen Reihe von Stationen neben dem Anfange der Störung noch ein 2. und 3. Einsatz bemerkbar ist. Auf mehrern Stationen beginnt die Störung des Pendels überhaupt erst mit dem 2. Einsatz oder gar erst mit dem dritten.

Mit wenigen Ausnahmen haben diejenigen Stationen, welche einen relativ frühen Anfang der ganzen Störung verzeichnen, auch für den 2. Einsatz einen relativ frühern Anfang. Ferner kann man beobachten, daß der Zeitpunkt des 2. Einsatzes in demselben Maße später fällt, wie die Stationen weiter vom Epizentrum entfernt liegen. Diese zeitliche Verschiebung des Einsatzes ist beim dritten Einsatze noch viel schärfer ausgeprägt als beim zweiten, ja es liegen Anzeichen dafür vor, daß es noch einen 4. Einsatz vor dem Beginne der 2. Phase gab.

»Die beiden angeführten Umstände«, fährt Prof. Rudolph fort, »lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß die wiederholten Einsätze der Störung, drei im ganzen, oder vielleicht sogar vier, von ebensoviel Stößen im Erdbeben herrühren. Wenn wir in den spätern Phasen der Störung von diesen Stößen keine Spur mehr finden, so ist dieses Fehlen wohl nur darauf zurückzuführen, daß der erste Stoß der stärkste war. Die großen Schwingungsamplituden in der 2.—5. Phase werden mit denjenigen der spätern Erdstöße interferiert haben und dadurch nicht erkennbar geworden sein. Nur während der 1. Phase, in welcher die Schwingungsamplituden überhaupt klein waren, konnten sich die spätern Stöße bemerkbar machen. So enthüllen uns die Seismogramme eine Tatsache, von der wir in den Berichten aus dem makroseismischen Schüttergebiete nichts hören.«

Prof. Rudolph hat für die einzelnen Stationen, soweit dies überhaupt ausführbar war, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Wellen der 1.—5. Phase berechnet.

Überblickt man die Werte für die 1. Phase, so findet man die schon seit langem bekannte Tatsache der Zunahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung vom Epizentrum in aller nur wünschenswerten Bestimmtheit bestätigt.

Ganz normal ist die Zunahme der Werte für die folgenden Phasen. Die ganz unwesentlichen Schwankungen, welche auch hier nicht fehlen, sind auf ungenaue Messungen des Seismogrammes zurückzuführen und kommen gegenüber dem stetig wachsenden Werte der Geschwindigkeit nicht in Betracht. Am bemerkenswertesten ist es, daß auch die Werte für die 5. Phase von Batavia bis Pavia fast stetig anwachsen. »Ich sehe«, sagt Prof. Rudolph, »in dieser Tatsache das wichtigste Ergebnis der Untersuchung. Freilich soll nicht behauptet werden, daß dieser eine Fall maßgebend wäre. Es wird noch vieler Untersuchungen bedürfen, bis sich eine endgültige Entscheidung treffen läßt. In der demnächst erscheinenden Bearbeitung der »Seismometrischen Beobachtungen von 1887—1897« werde ich ein größeres Beobachtungsmaterial heranziehen, das zu einem gesicherten Resultate führen wird.«

Das Erdbeben von Schemacha, am 13. Februar 1902. Über dasselbe liegt ein vorläufiger Bericht von F. Anderssohn vor.[1]) Die Stadt liegt am Südabhange des östlichen Kaukasus, der dort in einem Systeme OSO—WNW streichender Brüche zur Kuraniederung abfällt. Um einen Spannungsausgleich längs dieser Brüche handelt es sich zweifelsohne bei den Erdbeben, die Schemacha bereits so häufig beunruhigt haben. Ein besonders starkes Beben war im Juni 1859 Veranlassung, daß die Gouvernementsregierung, die ihren Sitz bis dahin in Schemacha gegehabt hatte, nach dem 100 *km* östlicher gelegenen Baku übersiedelte. Ein stärkeres Beben suchte die Stadt im Jahre 1872 heim, wurde an Heftigkeit aber bei weitem übertroffen von dem des Jahres 1902. Dieses letztere nahm seinen Ausgang von einer den Randbrüchen des Kaukasus parallelen, etwa 5 Meilen langen Mittellinie, dicht nördlich von Schemacha, die etwa durch die Ortschaften Sundi und Baskal bezeichnet wird. Von dieser Linie aus nahm die Heftigkeit der Erscheinungen gegen das Gebirge zu rasch ab, nach SW endigte die Zerstörungszone am Rande der Kuraebene, so daß sie von SW nach NO nur 3 Meilen breit war und im ganzen etwa 15 Quadratmeilen umfaßte. Da nähere geotektonische Untersuchungen nach dem Beben durch Schneefall leider verhindert wurden, auch keine Seismometer in dem Schüttergebiete aufgestellt waren, so beschränken sich die bekannt gewordenen Tatsachen auf die Schilderung des, übrigens durchaus typisch verlaufenen Vorganges selbst und die Feststellung der Zerstörungen.

Schon eine Woche vor der Katastrophe hatte man in der Gegend von Schemacha oft schwache Stöße wahrgenommen, ebenso am Vormittage des 12. Februar. Am 13., kurz nach $^1/_2$1 Uhr mittags, machten sich etwa 10 Minuten lang heftige Bodenschwankungen fühlbar, die

---

[1]) Geol. Förh. 24. p. 379. Auszug in Naturw. Wochenschrift 1903 p. 31. woraus oben der Text.

von NO nach SW gerichtet gewesen sein sollen, fast unmittelbar darauf um 12 Uhr 53 Minuten erfolgte der Hauptstoß, der in senkrechter Richtung wirkte und die Holzhäuser Schemachas und der Umgegend größtenteils zerstörte, dagegen die massiven Gebäude anscheinend wenig beschädigte. Ihm folgten wieder Schwankungen des Bodens, und eine große Zahl schwächerer Erschütterungen wurde noch bis zum nächsten Morgen verspürt. Vor dem Stoße war ein schwaches Dröhnen aus nordwestlicher Richtung hörbar. Unmittelbar nach dem Beben erfolgte am Ostrande des Zerstörungsgebietes, in Marasi (25 *km* östlich von Schemacha) der Ausbruch eines dort gelegenen Schlammvulkans. Anderssohn sucht den Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen wohl mit Recht in der Störung des Gleichgewichtes, die das Beben in den Erdschichten über dem Schlammherde hervorrief. Östlich dieser Schlammausbruchsstelle hat das Erdbeben keine dauernden Wirkungen mehr hinterlassen. In Baku wurde es jedoch um 12 Uhr 55 Minuten in Form starker Bodenschwankungen gefühlt. Im ganzen sind etwa 1000 Menschen umgekommen, gegen 4000 verletzt, während der Sachschaden auf ungefähr 13 Millionen Mark geschätzt wird. Doch scheint an der Größe dieses Schadens weniger die Stärke des Bebens als die geringe Festigkeit der Gebäude die Schuld zu tragen. Schwächere Erschütterungen sind in den folgenden Monaten übrigens mehrfach in unregelmäßigen Zwischenräumen im transkaukasischen Gebiete wie auch in Grozny nördlich des Kaukasus aufgetreten.

Das Erdbeben von Saloniki am 5. Juli 1902. Im Auftrage der Wiener Akademie der Wissenschaften hat Prof. R. Hoernes (Graz) das Gebiet, auf dem dieses Erdbeben sich bemerkbar machte, durchforscht. Seinem Berichte an die Akademie[1]) ist folgendes entnommen.

Von den über das Beben vom 5. Juli vorliegenden Nachrichten wurden zunächst jene eingehend erörtert, welche zu einer annähernd genauen Zeitbestimmung der Haupterschütterung führen können. Da in Saloniki, abgesehen von der türkischen Zeitrechnung, drei europäische Zeitangaben in Gebrauch stehen (mitteleuropäische Zeit, nach welcher die westlichen Bahnen: Saloniki—Monastir, Saloniki—Mitrovitza und Üsküb—Sibefče verkehren, und osteuropäische Zeit, welche den Verkehr Saloniki—Konstantinopel regelt, während die Saloniker Ortszeit gegen erstere rund um 32 Minuten vor, gegen letztere aber um 28 Minuten zurückliegt), war diese Aufgabe keine ganz einfache. Der Eintritt der Haupterschütterung konnte für Saloniki nur annähernd mit $4^h\ 20^m$ p. m. Ortszeit ermittelt werden. Die Zeitangaben zahlreicher Stationen der Orientbahnen, welche dem Berichterstatter mitgeteilt wurden, geben ein neues Beispiel für die Erfahrungen hin-

[1]) Wiener Akademischer Anzeiger 1902 p. 325.

sichtlich der ungenügend genauen Zeitbestimmung des täglichen Lebens, welche bei allen größern Beben zutage treten.

Prof. Hoernes erörtert dann die an den einzelnen Orten eingetretenen Wirkungen. Von den stärksten Zerstörungen wurde das Dorf Güvezne heimgesucht. Auch einige Orte in der Umgebung dieses Dorfes, so namentlich Arakli, wurden stärker beschädigt, Saloniki hat viel weniger gelitten. In der makedonischen Metropole wurde die hochliegende Türkenstadt fast garnicht beschädigt, nur der niedriger am Meere gelegene Stadtteil hat zahlreiche Erdbebenschäden aufzuweisen. Zumal die Häuserreihe am Quai, welche auf jungen Auffüllungen steht und vielfach ungenügend fundiert sein dürfte, hat stark gelitten, ferner jene Gebäude, welche besonders hoch oder schlecht gebaut waren.

Als Herd der Erschütterung wird die Depression zwischen dem Bešikdagi und Hortačdagi, die Niederung von Langaza bezeichnet, in welcher der gleichnamige See, der zuweilen auch nach dem an seinem Südufer gelegenen Orte Ajvasil benannt wird, als Rest eines früher viel ausgedehntern Binnengewässers liegt. Auf der Nordseite des Sees, nahe bei Langaza liegen die warmen Quellen von Ilidže-Lutra, welche 2 Tage nach dem Erdbeben eine bemerkenswerte Änderung (Einsinken des Bodens im Bassin des Bades, Hervorbrechen eines neuen Ausflusses etwa 200 *m* vom Badehause) und im Laufe späterer Zeit auch eine geringe Erhöhung der Temperatur (um 1° C.) erfuhren. Auch die warmen Quellen von Bajnsko bei Strumica und von Negorci bei Gjevgjeli, sowie die kalten Quellen von Suputnik und Larigovo im Kolomondagebirge sollen durch das Beben beeinflußt worden sein. Bei Güvezne, Arakli und Ajvatli erfolgte Austreten des Grundwassers infolge der Erschütterung der Alluvionen und vordem trockene Bachrinnen wurden wasserführend.

Dem Beben vom 5. Juli lag eine Schütterlinie zugrunde, die sich von Ajvasil am Südufer des Langazasees bis zur Bahnstation Doiran am gleichnamigen See verfolgen läßt. Sie hängt mit dem Grabenbruche zwischen dem Hortačdagi und Bešikdagi zusammen. Die Beeinflussung der Thermen von Bajnsko bei Strumica, welche freilich nicht vollkommen sichergestellt ist, würde einen Zusammenhang mit der dem Vardartale annähernd parallel laufenden »Thermenlinie« Dr. Karl Östreichs wahrscheinlich machen, wie denn Östreich selbst eine Fortsetzung seiner Thermenlinie nach SSO zu den Quellen von Langaza (Ilidže-Lutra) vermutet.

Prof. Hoernes gibt eine Aufzählung größerer Beben, von denen Makedonien im Laufe der Zeit betroffen wurde. Eines derselben, am 26. Februar 1430, zerstörte teilweise die Stadtmauern Salonikis und erleichterte so die Einnahme der Stadt durch die Türken. Die aus neuerer Zeit vorliegenden Erdbebenverzeichnisse von J. Schmidt und C. W. C. Fuchs lehren, daß Erschütterungen in dem Gebiete nördlich vom thermäischen Golfe häufig sind. Ihr Zusammenhang

mit den tektonischen Vorgängen in der Rhodopemasse, mit den Einbrüchen, mit welchen uns Prof. Cvijič näher bekannt gemacht hat, ist klar. Diese zur Tertiärzeit begonnenen gewaltigen Senkungen, welche im Süden das Eintreten des Meeres in den thermäischen Golf und die eigenartig zerschnittene Gestalt der Halbinsel Chalkidike verursachten, im Innern des Landes aber zahlreiche, teils von Seen erfüllte, teils trockene Gräben schufen, waren auch die Veranlassung für das Zutagetreten junger Eruptivgesteine auf den Bruchspalten. Der ungemeine Reichtum an heißen Quellen, welcher Makedonien auszeichnet, hängt gleichfalls mit diesen tiefgehenden Bruchlinien zusammen, auf welchen an vielen Stellen »juveniles Wasser« dem Boden entquillt. Daß die Rindenbewegungen, welche die eigenartige Bodenplastik Makedoniens verursachten, auch heute noch andauern, bekunden die häufigen und starken Beben, von welchen das Land wie in früherer Zeit so auch noch in der Gegenwart heimgesucht wird.

Über die Erdbeben an der Küste Guatemalas im Jahre 1902 und deren Folgeerscheinungen berichtet der Regierungsbaumeister und Betriebsleiter der Ocós-Eisenbahn.[1]) Folgendes ist diesem Berichte entnommen. Das Erdbeben vom 18. April 1902 wurde in Ocós am heftigsten an unserer ganzen Küste gefühlt; der Stoß kam von SW oder SSW. Die Erdbebenwelle ist in unserem Sandboden (etwa 300—400 *m* breit, feinster gleichmäßiger vulkanischer Sand), desgleichen in den Fußböden unserer Holzhäuser, sowie auf der Plattform unseres eisernen Landungssteges heute noch zu sehen; die Wellen sind 25—30 *m* lang und bis zu 15 und 20 *cm* tief. Etwa 100—150 *m* vom Beginne des Festlandes (harter Lehm mit Kies und Sand) brach sich die Erdbebenwelle in dem Sande zwei- bis dreimal unter genau den gleichen Erscheinungen wie beim Brechen der Brandungswelle auf dem Strande; die dadurch entstandenen Gruben, welche bis zu Mannestiefe hatten, sind heute noch, soviel mir bekannt, in meilenweiter Ausdehnung Küste auf und Küste ab zu sehen; die Einzelheiten, wie sie kurz nach dem Erdbeben zu sehen waren: Aufbrechen und Überfallen des Sandes sind natürlich heute durch Regen und Wind zerstört. In unserem Eisenbahngeleise ließen sich die Wellen des Erdbebens noch auf etwa 200 *m* auf dem Festlande (der oben erwähnte harte Lehm) verfolgen, die Wellen waren dort allerdings länger: 50—75 *m* und weniger tief (etwa 5 *cm*); weiter nach dem Innern waren keine Störungen mehr zu beobachten.

Seit dem 10. Mai haben Störungen in dem normalen Verlaufe der Fluten an unserer ganzen Küste, und davon herrührend, Änderungen des Strandes stattgefunden, welche mit dem Cyklon vom 23. und 24. September ihr Maximum erreichten und allenthalben schweren Schaden angerichtet haben.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1903 p. 52.

Die normale Flut ist hier etwa 1,5 *m* (5 Fuß engl.); es begab sich nun, daß während der Monate Mai, Juni, Juli und bis Mitte August die Flut 2—2,5 *m* (7—8 Fuß) betrug, wobei der normale Ebbestand nie erreicht wurde, die Ebbe blieb stets etwa 0,3 *m* (1 Fuß) über dem normalen Stande. Erst seit Mitte August ging das Niederwasser auf seinen alten Stand zurück, dagegen ist aber das Hochwasser immer noch 0,3 *m* (1 Fuß) höher als unter normalen Verhältnissen.

Die ganze Küste von Guatemala bis Mexiko, von Acajutla bis Salina Cruz, ist sehr leichter fein- und gleichkörniger vulkanischer Sand, ein Gürtel etwa 100—300 oder 500 *m* breit, dem nach innen die brackische Lagune (estero) folgt, welche beinahe stets durch eine der vielen Flußmündungen mit der See in Verbindung steht, demnächst folgt das Festland mit seinem Gürtel von Mangrove-Busch: Untergrund meist harter Lehm mit mehr oder weniger Kies und Sand oder Steinen. Seit vielen Jahren zeigte der Strand kaum eine Änderung, die Brandung fraß wohl einmal ein paar Meter Sand heute weg, gab selben aber nach zwei oder mehr Tagen stets wieder auch meist am gleichen Platz zurück. Das hat sich seit Mai gründlich geändert, erst langsam, allmählich aber mit zunehmender Begierde fraß die Brandung den Strand ab, gleichzeitig natürlich die Düne überflutend, und an manchen Stellen, wie z. B. in Ocós, unbewohnbar machend. In den letzten Tagen vor und während des Zyklons (23. September) ging es aber dann mit Riesenschritten, so daß an manchen Stellen bis zu 50 und 60 *m*, in Salina Cruz bis zu 100 und 150 *m* Strand weggefressen wurden. Der Grund hierfür ist natürlich die größe Fluthöhe; solange als diese jahrelang sich gleich blieb, war alles im Gleichgewichte von dem Augenblicke an aber, wo durch Eintritt der hohen Fluten das Gleichgewicht gestört war, mußte so viel vom Strande zum Opfer fallen, als notwendig war, um einen neuen Gleichgewichtszustand zu finden. Dies scheint nunmehr seit Anfang Oktober der Fall zu sein, der Strand ist jetzt überall viel flacher, fällt etwa 1 : 8—1 : 10, während er früher 1 : 5 abfiel, es liegt ihm nunmehr eine Sandbank von durchschnittlich 100 *m* Breite vor, welche bei Ebbe beinahe vollständig trocken liegt.

Daß diesem Abfressen des Strandes eine Menge Gebäude allenthalben zum Opfer fielen, ist um so natürlicher, als alle wertvollern Gebäude in unsern sogenannten Hafenplätzen nach alter Gewohnheit auf der äußerten Düne stehen, also dem ersten Anpralle des Meeres ausgesetzt sind. Die größten Verwüstungen sind wohl in Ocós und Salina Cruz vorgekommen, insbesondere an letzterem Orte, wo der Zyklon vom 23. September in dem verrufenen Golfe von Tehuantepec wüst gehaust hat; die neuen Hafenbauten, Magazine und Wohngebäude, Wellenbrecher, Landungssteg, Leuchtfeuer etc., alles fiel oder wurde von der See verschlungen.

Noch ein paar Worte über Erdbeben: Dasjenige vom 18. April,

höchstwahrscheinlich ausgelöst durch planetarische (Mond und Sonne) Attraktion, ist, wie alle die vielen folgenden, ein rein tektonisches, auf einer Scholle, welche abgesunken ist, auf unserer Vulkanlinie, und abgebrochen auf einer dieser mehr oder weniger parallelen Linie etwa 70 Meilen seewärts, dort, wo der seichte Meeresgrund plötzlich nach dem tiefen Ozeanbecken abfällt. Sowohl das große Beben vom 18. April, als alle die vielen folgenden, haben hier, wo die Richtung sich unverfälscht ohne alle lokale Ablenkung beobachten läßt, dieselbe Richtung aus SW oder SSW gehabt.

Von Vulkanismus ist absolut keine Rede, an unsern Vulkanen haben Bergstürze in Masse stattgefunden, aber die wenige vulkanische Tätigkeit, wie Fumarolen, heiße Quellen etc., haben absolut keine Änderung erlitten. Es wird viel von erneuter Tätigkeit des Vulkans Jzalco (in Salvador) und Colima (in Mexiko) geredet, wird wohl aber auch damit, in der Nähe besehen, nicht anders sein, als mit den vielen vollständig unwahren Gerüchten über den Ausbruch der Vulkane: Tacaná, Tajamulco und Cerro Quemado, alle von hier aus in Entfernungen von 60—80 *km* täglich sichtbar.

Das Erdbeben oder die Erdbeben vom 23. und 24. September waren in jeder Hinsicht total verschieden von denjenigen, welche zur Serie des 18. April gehören. Es war kein Stoß mit nachfolgender scharfer Wellenbewegung, sondern ein langes langsames Wiegen. Das erste dieser Beben, zugleich das längste und stärkste, war am 23. September 2^{h} 20^{m} nachmittags, dauerte hier 65^{s}, also in Wirklichkeit wohl bedeutend länger, da Anfang und Ende zufolge unsers Sanduntergrundes wohl nicht genau beobachtet werden konnten. Die Empfindung war die eines langsam rollenden Schiffes, man sah die langen langsamen Wellen auf dem Boden, man sah die Gebäude sich langsam neigen, kurz es war von dem andern wohl stärker aber rascher vorbeigehenden Beben total verschieden. Die Richtung dieses Bebens war SO—NW, also mehr oder weniger senkrecht zur Küstenlinie, und die Auslösung des Bebens war meiner Meinung nach entschieden verursacht durch ein schweres tiefes barometrisches Minimum, welches über dem Golfe von Tehuantepec oder etwas nördlich davon lag, und seit dem 22. September mittags, aus Süden kommend, an Ocós vorbeiziehend sich seit Mitternacht 22./23. dort befand. Dieses Minimum muß wie ein Schröpfkopf auf Atmosphäre, Wasser und Erde gewirkt haben. Was die Verbreitungszone dieses Bebens anbelangt, so ist selbe von derjenigen des 18. April sehr verschieden: das Hauptschüttergebiet des letztern lag von Tapuchulu bis San Salvador und von der Höhe der Vulkane oder wenige Kilometer nördlich hiervon bis zur Küstenlinie, also genau die oben beschriebene Scholle, während dasjenige vom 23. September als Zentrum die Gegend von Salina Cruz (Golf von Tehuantepec) hatte, es wurde sehr stark gefühlt in Tonalá, desgleichen in Tuxtla Gutierrez und San Cristobal, Comitan, Huehuetenango und in ganz Guatemala bis zur Hauptstadt Guate-

mala selbst, beschränkte sich also nicht nur auf die mehrfach erwähnte Scholle, sondern griff insbesondere auch auf das granitische Massengebirge von Comitan—Huehuetenango über, wo verhältnismäßig der größte Schaden angerichtet wurde (z. B. Tuxtla Guiterrez ist zur Hälfte zerstört).

Das Erdbeben im Vogtlande und dem nordwestlichen Böhmen im Jahre 1908. Über die Art und Weise, in welcher diese Bodenerschütterungen auftraten, und ihre vermuteten Ursachen hat sich Prof. Dr. Diener des nähern ausgesprochen. Er bemerkt, daß 1875 die Aufmerksamkeit der Geologen zuerst auf diese seismischen Erscheinungen gelenkt worden sind, die sich damals in dem sächsischen und böhmischen Teile des westlichen Erzgebirges abspielten. Seitdem habe sich das egerländisch-vogtländische Schüttergebiet zu einem der tätigsten chronischen Bebenherde in Europa entwickelt. Es gehöre daneben aber auch zu den am besten bekannten und in bezug auf ihre Eigentümlichkeiten am gründlichsten studierten Erdbebengebieten. Von sächsischer Seite liegen über die seismischen Ereignisse im westlichen Erzgebirge innerhalb der letzten 6 Jahre mehrere zusammenfassende Darstellungen von Prof. H. Credner, dem Direktor der Geologischen Landesanstalt in Leipzig, vor, während von Seite österreichischer Forscher diese Erdbeben durch Becke, Uhlig und Knett in den Berichten der Erdbebenkommission der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften eine monographische Bearbeitung gefunden haben.

Die Erdbeben des egerländisch-vogtländischen Gebietes treten hiernach in der Regel als Schwarmbeben auf. Das bemerkenswerteste dieser Schwarmbeben spielte sich im Oktober und November 1897 ab. Vom 24. Oktober bis zum 25. November wurden in Graslitz 197 Stöße verzeichnet. Nur 2 Tage, der 21. und der 22. November, blieben erdbebenfrei. Auf diesen durch die große Zahl und Stärke der einzelnen Stöße, sowie durch eine lange Dauer bis dahin im sächsisch-böhmischen Schüttergebiete einzig dastehenden Erdbebenschwarm folgte eine zweieinhalbjährige, nur durch vereinzelt schwache Stöße von ausnahmslos lokaler Natur unterbrochene Ruhe. Im Juli und August 1900 begannen neue seismische Erscheinungen, die jenen des Jahres 1897 durchaus ähnlich waren. Sie wurden in den ersten Tagen des Juli in der Gegend von Graslitz und Brambach mit schwachen Erschütterungen wahrgenommen, die an Stärke bis zum 7. Juli zunahmen und dann allmählich auszuklingen schienen. Eine Ruhepause von 7 Tagen bezeichnete das Ende dieses 1. Erdbebenschwarmes. Am 17. Juli begann eine 2. Erdbebenperiode, die am 25. Juli ihre größte Schütterstärke in 2 Hauptstößen erreichte und mit abnehmbarer Intensität bis zum 21. August anhielt. Schon im Mai und Juni 1901 wurde das westliche Erzgebirge zum dritten Male innerhalb eines fünfjährigen Zeitraumes der Schauplatz einer

sich über mehrere Wochen erstreckenden seismischen Unruhe, die am 8. Mai anhob und sich mit Einschluß einer achttägigen Ruhepause (12.—19. Mai) bis zum 28. Juni erstreckte. Auch im Juli und August erfolgten noch Stöße, die von Knett in ihrer Gesamtheit ebenfalls als ein, wenn auch lockerer Schwarm aufgefaßt werden.

Sehr interessant ist, wie Prof. Diener hervorhebt, bei diesen Erdbebenschwärmen die auffallende Verteilung der Stoßpunkte auf bestimmte Zonen innerhalb des erschütterten Gebietes. »Wenn die Erdbeben des westlichen Erzgebirges einen tektonischen Charakter besitzen, das heißt, wenn wir sie uns entstanden denken wollen durch Krustenbewegungen an Dislokationen oder Störungslinien im Bau des Felsgerüstes, so müssen wir unter den Erdbeben solcher lange andauernden Schwarmperioden gerade derartige in großer Zahl erwarten, die durch Bewegungen in der Erdkruste an derselben Störungslinie entstanden, jedesmal dieselben in der Nähe befindlichen Ortschaften erschüttern. Solche bestimmte, wohl abgegrenzte Schütterzonen sind in dem egerländisch-vogtländischen Bebengebiete in der Tat vorhanden. Sie ordnen sich in zwei quer auf das Hauptstreichen des Erzgebirges gerichtete NNW—SSO verlaufende Zonen an. Das Zentrum der östlichen Schütterzone ist Graslitz, jenes der westlichen die Gegend zwischen Brambach-Fleißen und Asch. Die Längsachse des Gebietes stärkster Erschütterung überschreitet in keiner dieser beiden Regionen 20 *km*, was auf eine geringe Tiefe des eigentlichen Erdbebenherdes schließen läßt. Beide Schütterzonen sind bis zu einem gewissen Grade selbständig. In jeder derselben haben sich zahlreiche Erschütterungen abgespielt, die keinen nachweisbaren Einfluß auf das benachbarte Gebiet ausgeübt haben. Es ist aber auch eine andere, sehr eigentümliche Art der seismischen Betätigung beider Herde nachweisbar, indem sich in denselben häufig gleichzeitige Stöße ereignet haben, deren Verbreitungsgebiete durch eine zwischen beiden Herden eingeschaltete neutrale Zone geschieden werden. Bei den Erdbebenschwärmen der Jahre 1897 und 1900 wurden wiederholt in der Schütterregion von Brambach Erdbeben verzeichnet, die in Graslitz ebenfalls wahrgenommen wurden, nicht aber in den dazwischen liegenden Stationen. Ebenso verblieb bei Erschütterungen, die in Graslitz ihren Ausgang nahmen und in Brambach gefühlt wurden, die Zwischenzone von Schönbach als eine erdbebenfreie Brücke in vollständiger Ruhe. Uhlig deutet solche, in beiden Schütterzonen gleichzeitig auftretende, durch die Brücke von Schönbach unterbrochene Stöße als Relaisbeben, indem von dem einen Herde ausgehende seismische Bewegungen solche in dem andern Herde auslösten.

Die Beziehungen der transversalen Schütterzonen zum Baue des westlichen Erzgebirges sind unverkennbar. Eine ganze Reihe der wichtigsten Gebirgsstörungen folgt der gleichen, quer auf das Hauptstreichen des Gebirges sich erstreckenden Richtung. Die Lage solcher

Transversalstörungen wird bezeichnet durch die großen, das Erzgebirge gangförmig durchsetzenden Eruptivmassen, wie der Granitmasse von Neudeck und der Porphyrzüge von Klostergrab und Graupen, ferner durch die Quarzgänge oder Pfähle, die im westlichen Erzgebirge und im Karlsbader Gebirge so häufig sind. Die Westhälfte des Erzgebirges ist ausgezeichnet durch das Auftreten zahlreicher Quarzgänge, die oft wie mit dem Lineale gezogen fast geradlinig die verschiedenen archäischen Schichten durchsetzen. Manchmal haben sie eine Mächtigkeit bis zu mehrern Metern und ragen als sogenannte Teufelsmauern aus dem stärker abgewitterten Gesteine ihrer Umgebung wie Mauern heraus. Sie sind die Ausfüllung von Gangspalten und als solche die Denkmale großer linearer Dislokationen, die das Gebirge quer auf seine Streichrichtung betroffen haben. Der größte dieser Quarzgänge beginnt unweit Asch, zieht gegen Südosten quer durch den Granit und Glimmerschiefer des Fichtelgebirges, dann durch das Westende des Erzgebirges nördlich von Eger, verschwindet unter den jüngern Ausfüllungsmassen des Egerer Beckens, taucht wieder auf bei Sandau im Karlsbader Gebirge und endet bei Königswart, 40 *km* von seinem nordwestlichen Endpunkte. Dem Streichen dieser Quarzgänge entspricht der Verlauf der Schütterzonen des westlichen Erzgebirges.« *

Auch auf die Nähe jungvulkanischer Bildungen im Egerer Becken, so der beiden Eruptionspunkte des Kammerbühls und des Eisenbühls und der Kohlensäureexhalationen des Franzensbader Moors weist Prof. Diener kurz hin.

»Bei dem Erdbebenschwarme des Jahres 1897 in Graslitz«, sagt er weiter, »machte sich eine auffallende Periodizität der Stöße bemerkbar, indem dieselben zumeist auf die Morgen- und Abendstunden, seltener auf Zwischenstunden fielen. Eine Beeinflussung der Stoßhäufigkeit durch die Stellung von Sonne und Mond nach Art der Gezeiten im Sinne der Hypothesen von Perrey und Falb ließ sich aber nicht nachweisen. Ebensowenig war ein Einfluß des Luftdruckes auf die seismischen Erscheinungen zu erkennen. Während der Erdbebenperiode des Jahres 1900 traten Schallphänomene in sehr ausgeprägter Weise hervor. Unterirdisches Rollen, auch ohne von wahrnehmbaren Erschütterungen begleitet zu sein, wurde außerordentlich häufig beobachtet.

Mit dem Eintritte einer jeden der drei erwähnten Erdbebenperioden in dem egerländisch-vogtländischen Schüttergebiete sind Befürchtungen über eine Einwirkung der Erdstöße auf die warmen Quellen der Thermalzone am Südfuße des Erzgebirges ausgesprochen worden. Diese Befürchtungen haben sich bisher als unbegründet erwiesen und dürften nach Prof. Diener auch ferner ohne Grund bleiben. Im Jahre 1897 hat Knett an den Thermen von Karlsbad sehr sorgfältige tägliche Temperatur- und Quantitätsmessungen vorgenommen. Aus seinen Beobachtungen geht hervor, daß die Erd-

bebenschwärme des Oktober und November weder auf die Ergiebigkeit, noch auf die Temperatur der Karlsbader Thermen den geringsten Einfluß gezeigt haben. Ebensowenig hat sich ein solcher Einfluß bei den Erdbebenschwärmen der folgenden Jahre nachweisen lassen. Die Berichte aus Franzensbad, Marienbad und Königswart lauten ebenfalls durchaus negativ. Die volle Unabhängigkeit aller dieser Quellen von den egerländisch-vogtländischen Erdbeben, sagt Prof. Diener, erscheint durch zahlreiche genaue Beobachtungen erwiesen.

Über die Natur der Bodenbewegungen in großen Entfernungen von dem Erdbebenherde verbreitete sich Prof. Milne.[1]) Er kommt zu dem Ergebnis, daß die von einem Fernbeben stammenden langen Wellen, seien sie Oberflächen- oder Massenwellen, die Horizontalpendel eher durch horizontale Bodenbewegung als durch eine Bodenneigung in Schwingung versetzen. Milne stützt den Schluß auf folgende Wahrnehmungen:

1. Die Klinometer konnten bis jetzt eine Bodenneigung nicht nachweisen.

2. Wenn wir annehmen, daß die Diagramme der Horizontalpendel die Größe der Bodenneigung in Winkelmaß angeben, und wir aus der Periode der Wellen, die diese Bodenneigung verursachen, und aus der Geschwindigkeit, mit welcher diese Wellen fortschreiten — bei Annahme von einfacher harmonischer Bewegung —, deren Länge berechnen wollen, so haben wir alle Elemente zur Ermittlung der Wellenhöhe. Nun sind häufig die Höhen gleich ein oder zwei Fuß und stellen anscheinend ein Fünfzigstel der Beschleunigung der Schwerkraft dar. Die Größe dieses Maßes ist hinreichend, um den Verdacht aufkommen zu lassen, daß das den langen Wellen bis jetzt zugeschriebene Winkelmaß übertrieben hoch gehalten ist.

3. Der unbedeutende Nachweis einer Vertikalverschiebung auf Grund der Experimente.

4. Die Wahrnehmung Dr. F. Omoris, daß die Amplitude nicht abhängig ist von der Empfindlichkeit der Seismographen für Bodenneigungen, daß die Bewegungserscheinungen von Fernbeben eher auf transversale Horizontalverschiebung als auf undulatorische Wellenarten schließen lassen.

5. Die wenigen und unbedeutenden Diagramme, die von Pendeln nach dem Zweifadensysteme erhalten worden sind.

Von Wahrnehmungen, die aber das Gegenteil bekräftigen, daß nämlich die Oberflächenwellen undulatorische Wellen wären, führt Milne folgende an:

1. Undulatorische Oberflächenwellen treten in der innersten Schütterzone auf; solche sind aus der Bewegung des Wassers in Teichen und Seen, aus der Bewegung der Blasen in Wasserwagen,

---

[1]) Nature 1902 p. 202; Erdbebenwarte 2. p. 201.

aus der scheinbaren Bewegung der Sterne im Beobachtungsfelde der Teleskope und aus andern Erscheinungen, die viele Hunderte von Meilen außerhalb der innern Schütterzone nachgewiesen worden sind.

2. Die beinahe konstante Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die bei den langen Wellen ermittelt worden ist.

3. Die Beobachtungen, die nachweisen, daß die Größe des Seismogrammes abhängig ist von dessen Empfindlichkeit für Bodenneigungen.

Dieser Schluß widerspricht scheinbar jenem des Dr. Omori.

4. Spuren einer vertikalen Bewegung, die von Milne nachgewiesen wurde.

Im Hinblicke auf diese letztern Bemerkungen scheint es naheliegend, den Schluß zu ziehen, daß die langen Wellen einen gewissen undulatorischen Charakter haben, daß aber die vorausgesetzte Bodenneigung nicht von dem Ausmaße ist, wie sie gewöhnlich angenommen wird. In diesem Sinne will Milne die oben angezogene Ansicht ergänzt wissen. In den Diagrammen der Fernbeben sind zumindest zwei, wahrscheinlich 3 Bewegungsarten enthalten. Wie und auf welche Weise dieselben aufgezeichnet werden, hängt ganz vom Charakter des Instrumentes ab, durch welches die Aufzeichnung erfolgt. Unter der Annahme, daß die Vorphase Druckwellen (Compressions) darstellt, welche ihren Weg durch die Erde genommen haben, dürfte bei einem gewöhnlichen, langperiodischen Horizontalpendel die Aufzeichnung der Vorphase durch eine Kreiselbewegung von geringer Amplitude hervorgerufen sein. Die langen Wellen hingegen, von denen man annimmt, daß sie als seichte Undulationswellen um die Erde in oder unterhalb der Rinde derselben ziehen, zeichnen sich als weiterlaufende Verschiebungen, die als vergrößerte Folgeerscheinungen von außerordentlich kleinen Bodenneigungen zu betrachten sind. Ein Instrument von sehr kurzer Periode und starker Vergrößerung wird für die gleiche Störung ein Bild aufzeichnen, bei welchem die einleitende Vorphasenbewegung auffallend groß ausfallen wird, hingegen werden die langen Wellen ungemein klein sein oder ganz fehlen.

Erdbebenherdlinien. Bereits früher[1]) hat E. G. Harboe sich bemüht, die Unhaltbarkeit der bisherigen Anschauung von einer zentralen Ausbildung der großen Erdbeben, soweit die Erderschütterungen von einem einzigen Punkte, dem Epizentrum, ausgehen, besonders mittels der Zeitangaben nachzuweisen. Daselbst wurde deshalb als nächster Schritt der Übergang zur Annahme vorgeschlagen, daß die Erschütterungen von Linien auf der Erdoberfläche, Erdbebenherdlinien, oder besser von senkrechten Flächen durch diese Linien ausgegangen seien, und in betreff mehrerer Erdbeben ist nachgewiesen,

---

[1]) Vgl. dieses Jahrbuch 12. p. 244.

daß die Zeitangaben für dieselben sich sehr wohl in Übereinstimmung mit dieser Annahme bringen lassen. Selbstverständlich muß daher für jedes Erdbeben für sich ermittelt werden, auf welche Weise es entstanden ist und sich ausgebreitet hat. Der Umstand aber, daß die Annahme der genannten, linearen Ausbildungsweise sich nun schon für einander so fern gelegene Gegenden wie Japan, Vorderindien, Österreich-Ungarn, die Schweiz und Nordamerika als die annehmbarste erwiesen hat, macht ihre große Anwendbarkeit sehr wahrscheinlich.

Von Harboe wurde ferner die Möglichkeit einer Anwendung der Isoseismen zum Einzeichnen der Herdlinien in Aussicht gestellt, spätere Untersuchungen haben ihn indessen erkennen lassen, wie wenig tunlich dies ist, wenn man nicht nur die Hauptzüge, sondern auch die Einzelheiten des Laufes der Isoseismen berücksichtigen will.

Die Hauptbedingung für die Anwendbarkeit des Verfahrens im pleistoseisten Gebiete dürfte darin bestehen, daß die obersten Erdschichten in diesem Gebiete eine große Gleichartigkeit besitzen, und die anscheinende Anwendbarkeit desselben beim Charlestoner Erdbeben dürfte eben daher rühren, daß die Erdoberfläche durch das ganze pleistoseiste Gebiet dieses Erdbebens hindurch und noch weiter über dasselbe hinaus von mächtigen lockern Erdschichten gebildet ist. Außer den Wirkungen der Erschütterungen finden sich indessen im pleistoseisten Gebiete bisweilen Spuren von Bewegungen, welche nicht als Wirkungen der Erschütterungen betrachtet werden können, dagegen aber eine tiefere Bedeutung haben und deshalb sehr zuverlässigen Aufschluß über die Lage der entsprechenden Herdlinien im genannten Gebiete geben müssen. Hiermit sind besonders die großen Bruchlinien in der Erde gemeint, welche bisweilen bei Erdbeben entstehen und dann oft als die Ursache des betreffenden Erdbebens betrachtet wurden. Übereinstimmung zwischen den gefundenen Herdlinien und den Terrainformen leitete Verfasser früher zur Vermutung, daß die Herdlinien sowohl des Charlestoner Erdbebens am 31. August 1886, des indischen Erdbebens am 12. Juni 1897, des Agramer Erdbebens am 9. November 1880 als auch die des piemontesisch-westschweizerischen Erdbebens am 20. Januar 1891 Zerbrechungen der Erdrinde wegen Krümmung derselben über die Elastizitätsgrenze hinaus angäben. Weiter deuteten die nähern Umstände beim Agramer Erdbeben darauf, daß dieses Erdbeben durch eine Senkung der Erdrinde in den betreffenden Gegenden verursacht sei. Demnach liegt Veranlassung zur Untersuchung vor, welche Verhältnisse sich überhaupt bei Erdbeben geltend machen müssen, wenn dieselben durch langsame Niveauveränderungen der Erdrinde verursacht sind.

Hiermit beschäftigt sich Harboe in einer zweiten Studie.[1]) Er kommt zu der Anschauung, daß man dann die Erdbeben in 2 Haupt-

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. 6. p. 309.

gruppen trennen muß, nämlich in »Hebungsbeben«, d. h. solche, die durch mehr oder weniger örtliche Hebungen verursacht werden, und in »Senkungsbeben«, d. h. solche, die durch mehr oder weniger örtliche Senkungen verursacht werden.

Bezeichnet man Krümmungen mit aufwärts gerichteter Konvexität als positiv, solche mit aufwärts gerichteter Konkavität als negativ, so entstehen, wenn die Hebung oder Senkung einer Fläche bis zu einem gewissen Grade getrieben worden ist, »negative Bruchlinien« längs der negativen und »positive Bruchlinien« längs der positiven Krümmungen.

Aus dieser allgemeinen Betrachtung geht also erstens hervor, daß man bei Erdbeben positive und negative Herdlinien voneinander unterscheiden muß, weil die Herdlinien für die Erdrinde die erwähnten Bruchlinien werden. Die erstern können in der Erdoberfläche als mehr oder weniger hervortretende Berstungslinien und die letztern als mehr oder weniger hervortretende Zerquetschungslinien erkennbar sein. Sie können aber auch in der Erdoberfläche ganz unsichtbar sein. Die Zerquetschungen oder Berstungen finden sich in solchen Fällen entweder an der innern Seite der Erdrinde oder in den tiefern Schichten derselben. Selbst in den Fällen, wo die Herdlinien eigentlich in der Erdoberfläche erkennbar sein sollten, können sie jedoch oft von den dickern oder dünnern Erdschichten, welche ja meistens die eigentliche Erdoberfläche bilden, ganz verborgen werden, zu welcher der beiden Arten sie auch gehören mögen.

Verfasser führt eine Reihe von Beispielen an, die als positive und negative Erdbebenherdlinien gelten müssen. Er zeigt darin, daß die Herdlinien eines Erdbebens sich in 2 Gruppen ordnen müssen, indem die einen radiär vom pleistoseisten Gebiete ausgehen und deshalb passend die »radiären Herdlinien« genannt werden können, die andern aber dasselbe Gebiet umkreisen, weshalb man sie »peripherische Herdlinien« nennen kann.

Eine sichere Auffassung des Charakters eines Erdbebens erhält man erst mittels der Beschaffenheit der Herdlinien, wo diese mit hinlänglicher Sicherheit beurteilt werden kann. Aus der Betrachtung über die Verhältnisse beim Krümmen einer beliebigen Platte geht hervor, daß die radiären Herdlinien bei Hebungsbeben hauptsächlich positiv, die Senkungsbeben dagegen negativ, die peripherischen umgekehrt bei Hebungsbeben hauptsächlich negativ, bei Senkungsbeben positiv sein müssen. Die beiden indischen Erdbeben am 16. Juni 1819 und am 12. Juni 1897, die beiden griechischen am 26. Dezember 1861 und am 15. April 1894, das Riku-U-Beben, das Shonaibeben und das Mino-Owaribeben und wahrscheinlich auch das neuseeländische Erdbeben 1855 werden sämtlich Senkungsbeben gewesen sein, dagegen werden das kalabresische Erdbeben am 5. Februar 1783 und, weil das kalabresische Erdbeben am 16. November 1894, wie es von

A. Riccò nachgewiesen ist,[1]) eine vollständige, wenn auch etwas geschwächte Wiederholung desjenigen von 1783 war, auch dieses Erdbeben Hebungsbeben gewesen sein.

Vulkanausbrüche und sekundäre vulkanische Erscheinungen müssen an die positiven Herdlinien geknüpft sein, während die negativen Krümmungen der Erdrinde dieselben unterdrücken müssen. Harboe betrachtet diese Verhältnisse an der Hand vieler Beispiele näher und stellt die Verbindung der Erdbeben mit den jetzt vorgehenden Niveauveränderungen dar. Erschütterungen der Erdrinde können indessen auch vielfach auf andere Weise als durch Niveauveränderungen hervorgerufen werden. Der Reichtum an Spalten in einer verhältnismäßig sehr geringen Tiefe unter der Erdoberfläche, auf welchem die Diamantbrunnen N. A. E. Nordenskjölds[2]) basiert sind, könnte z. B. für das Entstehen von Erdbeben durch Bewegungen allein in den obersten Schichten der Erdrinde sprechen, welche durch Temperaturveränderungen usw. verursacht wären. Erdbeben, welche auf diese und auf andere denkbare Weise verursacht werden, sind nach Harboe wohl nur unbedeutend im Vergleiche mit denjenigen, welche durch Niveauveränderungen erzeugt werden. Verwechslungen können jedoch keineswegs als ausgeschlossen betrachtet werden, wenn man nur die Größe des Erdbebens berücksichtigt. Die Herdlinientheorie möge nun entweder gar nicht oder nur in mehr oder weniger geänderter Gestalt auf diese andern Erdbebenursachen anwendbar sein, so wird es doch sehr wahrscheinlich, daß sie ein wertvolles Hilfsmittel abgeben wird, um die verschiedenen Erdbebenursachen voneinander zu unterscheiden.

Die ersten Resultate der Beobachtungen am Pendelseismographen im Pribramer Bergwerke. Die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien hat veranlaßt, daß in zwei verschiedenen Tiefen des Pribramer Bergwerkes Seismographen aufgestellt worden sind. Einen Bericht über diese und die ersten Ergebnisse der Aufzeichnungen hat Dr. Hans Benndorf der Wiener Akademie eingesandt, und teilt der Akademische Anzeiger daraus folgendes mit:

Die jüngst erfolgte Aufstellung zweier Seismographen in einer nicht unerheblichen Vertikaldistanz an ein und demselben Orte darf insofern als ein Fortschritt in der praktischen Seismik angesehen werden, als damit überhaupt zum ersten Male der Versuch gemacht wird, Aufschluß über die bei Erdbeben eintretenden Verschiebungen im Innern der äußersten Erdrinde zu erhalten.

Bei der Auswahl der Apparate entschied man sich, da photographische Registrierung aus praktischen Gründen ausgeschlossen war, für den Wiechertschen 1200 *kg* schweren Pendelseismographen.

---

[1]) Rendiconti della R. Accademia dei Lincei 1899. 5.

[2]) Compt. rend. 1895. 120.

Es gelangten zwei im Wesen identische Apparate zur Aufstellung; sie unterscheiden sich nur dadurch, daß der eine für dreitägige, der andere für eintägige Registrierung eingerichtet ist.

Die Montierung der Apparate, sowie die Einrichtung der ganzen Station war mit mannigfachen, zum Teile unerwarteten Schwierigkeiten verknüpft, so daß die Arbeit sich über ein Vierteljahr ausdehnte. Die Durchführung ist überhaupt nur möglich gewesen durch die ausgiebige Unterstützung von seiten der k. k. Bergdirektion in Pribram.

Was zunächst den Aufstellungsort der Pendel anlangt, so ist der oberirdische auf einer Anhöhe des Bickenberges, etwa 100 *m* östlich vom Adalbertschachte des Pribramer Bergwerkes in einem eigens erbauten steinernen Häuschen untergebracht. Das Instrument steht auf einem Steinpfeiler, der auf dem 4 *m* unter der Erdoberfläche anstehenden Felsen fundiert ist. In diesem Häuschen befindet sich zugleich die Uhr, welche die Kontakte für die hintereinander geschalteten Zeitmarkierungsvorrichtungen beider Pendel liefert, die verschiedenen Batterien und eine Telegraphenstation, mittels welcher in späterer Zeit ein direktes Zeitsignal von der Wiener Sternwarte zur Kontrolle der Uhr übermittelt werden soll. Auch die Fixierungsvorrichtung für die berußten Streifen ist im Häuschen untergebracht.

Die elektrische Verbindung der Magnete der Zeitmarkierer beider Pendel ist durch 2 Kupferdrähte von je 2 *qmm* Querschnitt hergestellt und hat eine Länge von ca. 2600 *m*. Die Leitung geht vom Pendelraume als Luftleitung zum Adalbertschachte; im Schachte selbst sind die Kupferdrähte durch Blei- und Eisenmäntel vor zerstörenden Einflüssen geschützt. Vom Grunde des Schachtes aus laufen die Drähte in einfacher Guttaperchaumhüllung weiter bis zum 2. Instrumente.

Der obertags aufgestellte Apparat ist so justiert, daß die Periode der Eigenschwingung etwa 13 Sek., die Vergrößerung 250fach und das Dämpfungsverhältnis 5 ist

Die Bedingungen für das Funktionieren des Seismographen sind keine besonders günstigen; erstens bewirken die unvermeidlichen Temperaturschwankungen ein dauerndes, sehr langsames Hin- und Herwandern der Zeiger, das vom Beobachter täglich durch Ausbalanzieren des Pendels mittels kleiner Gewichte ausgeglichen werden muß; zweitens bewirken die Maschinen der Erzaufbereitung, die etwa 200—300 *m* entfernt ist, in den Tagesstunden ein fortdauerndes Erzittern des Erdbodens, das fortdauernde Ausschläge des Instrumentes mit Amplituden von 2 *mm* und einer Periode von 8—9 Sek. zur Folge hat.

Außerdem werden durch das Wasch- und Quetschwerk sehr rasche Erschütterungen des Bodens hervorgerufen, die an einer Verbreiterung der Kurven des Seismographen während der Tagesstunden erkenntlich sind. Die Nachtstunden und die Mittagsstunde sind störungsfrei.

Der Apparat registriert seit 1. Februar 1903; es liegen bis jetzt Diagramme bis zum 7. März vor.

Das unterirdische Seismometer ist in einer eigens ausgesprengten und ausgemauerten Kammer untergebracht; auf dem untersten Horizonte des Pribramer Bergwerkes führt vom Adalbertschachte ein blind endender Querschlag nach Osten; etwa 200 *m* vom Schachte entfernt ist von dem Querschlage ein 20 *m* langer Gang nach Süden zu getrieben, der zu dem Pendelarme führt. Das untere Instrument steht etwa 1115 *m* unterhalb und 50 *m* östlich von dem oberirdischen. Die Gesteinsmasse zwischen beiden Pendeln ist Grauwacke und nicht durch Erz führende Gänge unterbrochen,

Außer dem Seismographen, der vorläufig etwas geringere Empfindlichkeit besitzt als die obere, ist in der Kammer noch der Fixierungsapparat für die Diagramme aufgestellt.

Von der Feuchtigkeit abgesehen, die übrigens durch ausgiebige Chlorkalziumtrocknung bereits auf ein unschädliches Maß herabgedrückt ist, sind die Funktionsbedingungen des untern Pendels sehr günstige infolge der konstanten Temperatur (28° C.); auch hat sich die Befürchtung, daß die Dynamitsprengschüsse im Bergwerke stören würden, nicht erfüllt. Wohl infolge der kurzen Dauer und kurzen Periode der durch die Schüsse ausgelösten Erschütterungen wurden sie vom Apparate nicht aufgezeichnet.

Der unterirdische Seismograph registriert mit Zeitmarkierung seit dem 24. Februar; Diagramme liegen bis zum 6. März vor.

Trotzdem die gleichzeitige Registrierung beider Pendel kaum 14 Tage läuft, läßt sich bereits eine Reihe interessanter Tatsachen erkennen, die im folgenden kurz erwähnt werden mögen.

Die Zeitangaben beziehen sich auf mitteleuropäische Zeit und können bis auf eine Minute falsch sein, da die Uhr nur durch das ziemlich ungenaue Mittagszeichen der Zweigbahn Protivin-Zditz kontrolliert werden konnte.

I. Mikroseismische Bewegungen (Pulsationen). Vom 24. Februar bis 6. März sind täglich an beiden Pendeln fortdauernde Pulsationen zu beobachten, die an einzelnen Tagen besonders stark wurden (25. Februar, 2. März).

Der untere Apparat zeigt entschieden schwächere Bewegungen an als der obere. Lokale Stürme sind ohne Einfluß auf die Pulsationen.

II. Fernbeben. Es gelangten an beiden Apparaten eine Reihe von Fernbeben zur Registrierung, von denen das größte am 26. Februar.

Die Entfernung des Epizentrums dürfte nach Dr. Benndorf etwa 4000 *km* betragen. Das Beben begann am 26. Februar um $14^h\ 7^m$ und dauerte etwa bis $16^h\ 10^m$. Vorbeben, Hauptbeben und Nachbeben lassen sich etwa durch die Zeiten $14^h\ 7^m$, $15^h\ 12^m$, $15^h\ 25^m$, $16^h\ 10^m$ abgrenzen.

Vergleicht man die Kurven des Bebens am obern und untern Apparate, so ergibt sich das interessante Resultat, daß sie in allen Details genau miteinander übereinstimmen mit dem einzigen Unterschiede, daß die Amplituden unten etwas kleiner sind; ob dies auf die geringere Empfindlichkeit des untern Pendels allein zurückgeführt werden kann, können nur sorgfältige Ausmessungen der Kurven. die viel Zeit in Anspruch nehmen, ergeben.

Auf jeden Fall ist diese Übereinstimmung der Diagramme ein Zeichen für die staunenswerte Präzision, mit der die Apparate arbeiten, und zugleich, was besonders wichtig erscheint, der erste Beweis dafür, daß wirklich beträchtliche Massen des Erdbodens gleichmäßig in Bewegung begriffen sind. Auch die andern Fernbeben, die bedeutend kürzer sind, geben beide Pendel identisch wieder.

III. Nahebeben. Es ist erwähnenswert, daß die Instrumente von den nordböhmischen Erdbeben fast nichts erkennen lassen. Nur mit der Lupe gelang es Dr. Benndorf, am 4. März um $13^{h}\ 50^{m}$ und am 7. März um $19^{h}\ 22^{m}$ charakteristische Verbreiterungen der Kurven aufzufinden, die Nahebeben ihren Ursprung verdanken; sie wurden von beiden Pendeln zur gleichen Zeit aufgezeichnet, und da die ganze Verbreiterung nur etwa 1 *mm* lang und 0.3 *mm* breit ist, läßt sich über das Intensitätsverhältnis nichts aussagen.

Die mikroseismische Pendelunruhe und ihr Zusammenhang mit Wind und Luftdruck behandelt E. Mazelle.[1]) Die kontinuierlichen Aufzeichnungen eines photographisch registrierenden Rebeur-Ehlertschen Horizontalpendels, welches an der seismischen Station der Akademie der Wissenschaften am k. k. astronomisch-meteorologischen Observatorium in Triest aufgestellt ist, wurden herangezogen, um außer der täglichen Periode der mikroseismischen Pendelbewegung auch den eventuellen Zusammenhang dieser schwachen Bodenoszillationen mit dem Winde und Luftdrucke festzustellen.

Nachstehend werden in knapp gefaßter Form die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen mitgeteilt:

1. Die mikroseismische Pendelunruhe zeigt eine ausgesprochene jährliche Periode, das Maximum im Winter, fast gänzliches Fehlen im Sommer.

2. Die tägliche Periode zeigt eine einfache Schwankung; das Maximum ist vormittags zwischen 9 und 10 Uhr zu bemerken, das Minimum am Abende zwischen 9 und 10 Uhr.

Wird dieser Gang durch Sinusreihen dargestellt, so zeigt das größere erste Glied (ganztägige Periode) eine volle Übereinstimmung der Phasenzeit mit jener für die stürmische Bora in Triest berechneten Sinusreihe.

3. Die Pendelunruhe kommt im allgemeinen sowohl an Tagen mit hohem, als mit tiefem lokalen Barometerstande vor; Tage ohne Pendelunruhe sind jedoch mit größerer Wahrscheinlichkeit bei hohem

---

[1]) Anzeiger der Wiener Akademie 1908. 2. p. 10.

Luftdrucke zu beobachten. Besonders ausgeprägte Pendelunruhe zeigt sich mit einer etwas größern Wahrscheinlichkeit mit niederm Luftdrucke verbunden.

4. Ein direkter Zusammenhang mit der im Orte herrschenden Windstärke läßt sich nicht nachweisen; es kann nur hervorgehoben werden, daß starke Winde häufiger mit starker Pendelunruhe verbunden auftreten. An Tagen mit äußerst schwacher Pendelbewegung sind kleine Windgeschwindigkeiten vorherrschend.

5. Sowohl für die Tage mit Pendelunruhe als auch für die ohne mikroseismische Bewegung wurden die Lage und Bewegungsrichtung der Zyklonen und Antizyklonen über Europa aufgesucht. Es ergibt sich, daß bei beiden Typen gut ausgeprägte barometrische Maxima oder Minima vorzufinden sind. Nur bei 2% sämtlicher Tage mit Pendelunruhe kommt keine besonders ausgeprägte Zyklone oder Antizyklone vor, während solche an den Tagen ohne Pendelunruhe auch nur bei 8 von 100 Beobachtungen fehlen. Bei einer weitern Trennung der Fälle läßt sich auch kein Unterschied in der Luftdruckverteilung nachweisen, im Gegenteil eine ganz auffällige Übereinstimmung bei beiden Typen. So finden sich z. B. Antizyklonen mit einem Barometerstande von 770 *mm* oder darüber mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.75 an den Tagen mit Pendelunruhe und mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.76 bei Pendelruhe. Für das gleichzeitige Auftreten von barometrischen Maxima und Minima läßt sich eine Wahrscheinlichkeit von 0.46 und 0.47 bei beiden Typen, Pendelunruhe und Pendelruhe nachweisen. Nur für das Vorkommen einer starken Zyklone, mit einem Barometerstande von 745 *mm* oder darunter, über Europa ist die Wahrscheinlichkeit an den Tagen mit Pendelunruhe etwas größer als an den mikroseismisch ruhigen Tagen, 0.23 gegen 0.17.

Wenn die Extreme des Luftdruckes über Europa untersucht werden, so zeigt sich, daß der außerordentlich hohe Luftdruck vorwiegender an den Tagen ohne Pendelunruhe zu finden ist, die am stärksten ausgebildeten barometrischen Depressionen hingegen an Tagen mit mikroseismischer Bewegung; allerdings ist der resultierende Unterschied sehr klein, im ersten Falle 10 gegen 17%, im zweiten 31 gegen 25.

Werden die Luftdruckdifferenzen in Rechnung gezogen, so ergibt sich, daß bei kleinern Luftdruckunterschieden die Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen von mikroseismisch ruhigen Tagen größer wird, bei den größern Luftdruckdifferenzen hingegen die Wahrscheinlichkeit für die mikroseismisch bewegten Tage zunimmt.

Aus der Untersuchung der Lage der Zyklonen und Antizyklonen läßt sich hervorheben, daß die Lage der barometrischen Maxima an mikroseismisch ruhigen Tagen annähernd dieselbe ist, wie an mikroseismisch bewegten Tagen, nur die Luftdruckminima würden an mikroseismisch bewegten Tagen mit größerer Wahrscheinlichkeit im W, SW und S Europas vorzufinden sein, während eine nordöstliche Lage der Minima eher an den Tagen mit Pendelruhe zu bemerken wäre.

6. Um einen eventuellen Zusammenhang zwischen der Meeresbewegung und der mikroseismischen Pendelunruhe nachweisen zu können, wurde für 12 Orte der österreichischen Küste der Seezustand herangezogen. Es zeigt sich, daß sowohl an mikroseismisch ruhigen als an mikroseismisch bewegten Tagen glatte, wie auch bewegte See vorkommen können, doch läßt sich nachweisen, daß für die mikroseismisch unruhigen Tage mit größerer Wahrscheinlichkeit bewegtere See zu finden ist, hingegen glatte See für die mikroseismisch ruhigen Tage mit größerer Wahrscheinlichkeit vorkommt.

7. Wenn berücksichtigt wird, daß, wie oben nachgewiesen, starke barometrische Depressionen mit etwas größerer Wahrscheinlichkeit an Tagen mit Pendelunruhe vorkommen, diese Depressionen aber infolge ihres raschen Vorüberganges heftige Luftdruckänderungen mit sich bringen, daß außerdem, wie gezeigt wurde, die im W, SW und S Europas liegenden barometrischen Minima eher an den Tagen mit mikroseismischer Unruhe vorkommen, gerade diese Zyklonen aber, infolge ihrer gewöhnlich ostwärts gerichteten Fortpflanzungsrichtung, starke Schwankungen des Luftdruckes über dem Kontinente hervorrufen, so drängt sich der Gedanke auf, daß vielleicht eine plötzliche, starke Änderung des Luftdruckes als die primäre Ursache für die mikroseismische Bodenbewegung anzunehmen sei. Um einen diesbezüglichen Zusammenhang nachzuweisen, wurde für siebzehn ausgewählte Orte Europas die Änderung des Luftdruckes von einem Tage zum andern bestimmt und gefunden, daß jeder Zunahme der mikroseismischen Pendelunruhe auch ausnahmslos eine größere Luftdruckänderung entspricht. Doch gibt es umgekehrt Fälle (24 unter 100), an welchen bei größerer Luftdruckdifferenz eine mikroseismische Bewegung nicht zu bemerken ist, doch sind an diesen Tagen entweder der lokale oder der allgemeine barometrische Gradient, meistenteils beide schwach oder in Abnahme begriffen und die Windstärke zu Triest stets klein, gewöhnlich von geradezu minimaler Größe.

Mit dieser Untersuchung wurde gleichzeitig der Vergleich mit dem allgemeinen und lokalen barometrischen Gradienten verbunden und gefunden, daß der Verlauf der mikroseismischen Bewegung mit diesen Gradienten sich lange nicht so übereinstimmend ergibt, wie mit der Änderung des Auftdruckes von einem Tage zum andern.

Wenn wirklich, wie es den Anschein hat, jede größere Luftdruckänderung über Europa eine mikroseismische Bodenbewegung mit sich bringt, so müßte die davon abhängige Pendelunruhe auch an andern Orten gleichzeitig zur Beobachtung gelangen. Vergleiche mit Straßburg ergeben, aus den wenigen zur Verfügung stehende Daten, eine vollständige Übereinstimmung.

Über die Ursachen der Erdbeben hat Prof. Branco, gelegentlich einer Festrede in der Berliner Universität seine Anschauungen ausgesprochen. Nach ihm sind es die antogonistischen Kräfte des Wassers

und des Feuers, welche Erderschütterungen veranlassen. »Diejenigen Beben, welche dem Wasser ihre Entstehung verdanken, sind nach jeder Richtung hin minderwertig, an Zahl sind sie ziemlich gering, ihre Intensität ist freilich manchmal recht groß, aber ihre Ausdehnung an der Erdoberfläche ist verschwindend klein, ihr Ausgangsherd liegt in geringer Tiefe und ist punktförmig. Die Entstehungsursache liegt hier in dem Einsturze unterirdischer Höhlen, vielleicht auch einmal in dem Sichsetzen ausgelaugter Schichten, die das Wasser durch seine auflösenden Kräfte schuf. Man nennt sie daher Einsturzbeben. Die zweite bebenerzeugende Kraft ist die vulkanische; nach ihr bezeichnet man diese Art von Erderschütterungen als vulkanische Beben. Wenn in den langen Ausbruchsröhren der Vulkane, die in die Tiefe niedersetzen, der Schmelzfluß in die Höhe steigt bezw. gepreßt wird, dann führt er meist große Mengen von ihm absorbierter Gase mit sich.

Ein Teil derselben stammt von der Urzeit her, in der die Erde ein ebenso heißer, feuerflüssiger Ball gewesen, wie die Sonne es noch heute ist. Wie deren Elemente heute noch fortwährend verdampfen, so auch damals die der Erde; und hierbei wurden die Dämpfe der Erde wiederum zum Teile vom Schmelzflusse festgehalten, absorbiert. Ein anderer Teil der Gase jedoch entsteht wohl erst durch die Berührung des aufsteigenden Schmelzflusses mit dem Wasser, welches die Erdrinde durchtränkt, das sich aber auch bisweilen in weiten Hohlräumen der Erdkruste in größern Massen angesammelt findet.

Die plötzliche Verwandlung solcher größern Wassermassen durch aufsteigenden Schmelzfluß in Dampf kann Explosionen so gewaltiger Natur erzeugen, daß der Vulkanberg zum größern oder kleinern Teile plötzlich in die Luft fliegt (Bandai San). Hierbei entsteht natürlich eine starke Erschütterung des Berges. Nur ausnahmsweise aber handelt es sich bei den Vulkanen um so gewaltige und folgenschwere Explosionen.«

Eine 3. Art Erdbeben sind die Dislokationsbeben, entstehend durch die Bewegung riesiger Erdschollen infolge des Prozesses der Abkühlung des Erdballes. Diese Dislokationsbeben, die also Folgen oder Begleiter gebirgsbildender Vorgänge sind, sind heute die häufigsten und ausgebreitetsten. Sie waren es zweifellos auch in der Urzeit, ja damals in noch höherm Maße als heute. Sie haben natürlich kein Zentrum, sondern ihren eigentlichen Herd bilden weithin sich ziehende Spaltenwände, und man muß annehmen, daß diese Erdbeben über gewissen Linien entstehen, die sich an der Erdoberfläche durch das erschütterte Gebiet hinziehen.

Branco verwirft durchaus die Hypothese, welche die Erdbeben auf gewaltige Springfluten des glühendflüssigen Erdinnern zurückführen will. »Trotzdem aber«, sagt er mit Recht, »besteht wirklich die Möglichkeit, daß Sonne und Mond auf Erdbeben einwirken können.

Jedoch nicht in der Weise, daß sie die letzte Ursache derselben sind, also dieselben erzeugen, sondern nur in der, daß sie beschleunigend einwirken auf den Ausbruch eines tektonischen Bebens, welches auch ohne dies, aber erst in späterer Zeit, eingetreten sein würde. Denn die feste Erdrinde ist nicht absolut starr, sondern folgt der vereinigten Anziehung von Sonne und Mond, wenn auch nur in minimaler Weise. Ist die Konstellation nun so, daß besonders starke Springfluten des Wassers entstehen (Neumond, Erdnähe des Mondes, Sonnennähe der Erde), dann wird die ansaugende Kraft der beiden Gestirne in stärkerer Weise auch auf die feste Erdrinde wirken. Wenn daher die Schollen der Erdrinde an irgend einem Punkte infolge der Abkühlung des Erdinnern derart in Spannung sich befinden, daß sie in einiger Zeit eine der vorhin geschilderten Bewegungen oder einen neuen Bruch erleiden würden, so kann durch die ansaugende Kraft der beiden Gestirne diese Bewegung, bezw. der Bruch sofort bewirkt werden. Gerade ebenso wie ein bis an die Grenze seiner Tragfähigkeit belasteter Balken brechen wird, sowie die Belastung nur um ein Geringstes noch vermehrt wird, so bricht dann die Erde.

Wenn aber die Erdrinde sich an dem betreffenden Punkte noch nicht so nahe an diesem Stadium befindet, so ist alle ansaugende Kraft von Sonne und Mond nicht imstande, ein Erdbeben zu erzeugen. weil sie zu gering ist, um allein aus sich heraus solche Schollenbewegungen hervorzurufen. So kommt es, daß der Eintritt der Beben sich eben nicht sicher vorher berechnen läßt, daß aber dennoch manchmal die Vorherberechnung wirklich eintreten kann.

Dieselbe Art und Weise der Wirkung hält Branco auch bei einem Cyklon für denkbar. Diese Wirbelstürme von gewaltigem Durchmesser führen in ihrem Innern einen wesentlich geringern Luftdruck mit sich, als in ihrer Peripherie. Sie wirken daher ebenfalls, wie Sonne und Mond, ansaugend auf die Erde, gleich einem riesigen Schröpfkopfe von mehreren 100 Meilen Durchmesser. In der Tat sind nicht selten Erdbeben eingetreten, während ein Cyklon über die betreffende Gegend dahinraste, so daß man nicht immer an ein zufälliges Zusammentreffen denken kann, sondern das Beben bisweilen als Folgewirkung des Cyklons betrachten darf.

Während so ein ohnehin bevorstehendes, tektonisches Beben durch eine Veränderung des atmosphärischen Gleichgewichtes zum sofortigen Losbrechen veranlaßt werden kann, ist, wie Branco meint, auch umgekehrt das Erdbeben imstande, unter Umständen seinerseits gewisse andere atmosphärische Veränderungen zu erzeugen. »Durch die aus der Tiefe heraufkommenden Stöße erhält natürlich auch die auf der Erdoberfläche ruhende Luftsäule die Stöße: Über dem ganzen Gebiete, das von dem Beben betroffen wird, muß also die Luft in die Höhe geschleudert werden, und ganz besonders muß das im Epizentrum der Fall sein. Indem die Luft hier besonders stark in die Höhe geschleudert wird, erleidet sie plötzlich eine entsprechend starke Ver-

dünnung. Damit aber geht eine plötzliche Temperaturerniedrigung Hand in Hand. Wenn nun zufällig in höhern Luftschichten viel Wasserdampf vorhanden ist, so wird dieser sich schnell kondensieren. So läßt es sich erklären, daß der vor dem Beben klare Himmel sich nach demselben bisweilen schnell mit Wolken überzieht, aus denen Regen, bezw. Hagel niederfällt. Auch das Aufzucken von Blitzen läßt sich erklären durch die plötzliche Kondensation.«

Diesen Ausführungen dürften die Meteorologen aber schwerlich großen Beifall schenken, denn die Bodenstöße sind in vertikaler Richtung stets viel zu unbedeutend, um merkliche Luftdruckveränderungen oder Windstöße hervorzurufen, geschweige denn dadurch veranlaßte Temperaturerniedrigungen.

Prof. Branco hält es für möglich, daß in unsern Vorstellungen über die Entstehungsursache der Erdbeben sich vielleicht in Zukunft eine Verschiebung in der Richtung vollziehen werde, daß, ganz wie bei dem Vulkanismus, eine größere Unabhängigkeit von den gebirgsbildenden Vorgängen schließlich erkannt würde. Freilich nicht in der Weise völliger Unabhängigkeit, wie bei dem Vulkanismus, welcher auch durch eigene Kraft des Schmelzflusses und seiner Gase sich zu befreien und zu betätigen vermöge, denn das Erdbeben werde stets von einem der andern Faktoren abhängig bleiben; sondern nur in der Weise, daß die Abhängigkeit bis zu einem gewissen Grade verschoben würde von der gebirgsbildenden zu der vulkanischen Kraft. Eine sehr wesentliche Stütze der jetzt herrschenden Anschauung, nach welcher die ganz überwiegende Ursache aller Beben in Dislokationen zu suchen sei, kommt, wie Branco glaubt, ins Wanken. Gestützt auf die Methoden, die nacheinander besonders Mallet, v. Seebach, Dutton und Hayden angegeben, hatte man die Überzeugung gewonnen, die Ausgangspunkte der Erdbeben seien in nur relativ geringer Tiefe, zwischen 10—20 *km* zu suchen. Diese Tiefe aber ist so gering, daß man unmöglich an die tiefer liegenden vulkanischen Kräfte denken könnte, während hingegen eine so geringe Tiefe gerade auf absinkende Schollen, also tektonische Vorgänge zurückführbar erscheint. Indessen sagt Branco mit Recht, es sei nicht einzusehen, warum eine absinkende Scholle erst in der Tiefe von 7 oder 10—20 *km* eine Reibung verursachen sollte. Es müsse doch bei Schollenbewegungen gleich von der Tagesfläche an, oder doch nur wenig unterhalb derselben, Reibung eintreten; und warum sollte diese Reibung nur bis höchstens 10—20 *km* Tiefe hinab sich geltend machen? Allerdings lasse sich unmöglich diejenige Tiefe auch nur annähernd genau angeben, bis zu welcher die Erdschollen noch hart und fest genug sind, um durch ihre Reibung bei tektonischen Vorgängen noch erschüttert zu werden; und unterhalb welcher die Schollen, durch die Wärme des Erdinnern, bereits so erweicht sind, daß eine Bewegung derselben keine nennenswerte Erschütterung mehr erzeuge, aber ungefähre Anschauungen werde man sich doch bilden können.

Unter der Annahme, daß die Gesteine bei 1200° C. schmelzen, und die Wärmezunahme nach dem Erdinnern (in den obern Teufen) proportional der Tiefe wachse, für je 33 *m* Tiefe um 1° C. findet sich eine Wärme von 1200° C. erst in ungefähr 40000 *m* Tiefe; ganz abgesehen von der den Schmelzpunkt entweder erhöhenden oder erniedrigenden Wirkung des mit der Tiefe wachsenden Druckes und von der den Schmelzpunkt jedenfalls erniedrigenden Beimengung von Wasser zum Schmelzflusse. Obgleich sich daher auch eine unterste Grenze der Tiefe nicht genau angeben lasse, bis zu der hinab die Schollen noch hart genug seien, um bei starker Reibung zu erzittern, so spreche nach obigem die Wahrscheinlichkeit dafür, daß diese Tiefe immerhin größer sein müsse als 10—20000 *m*, in welcher etwa 300—600° C. Hitze herrschen.

Wenn mithin gefolgert wird, die bei einer Anzahl von Erdbeben berechnete Tiefe des Herdes zwischen 10—20000 *m* sei beweisend dafür, daß hier ein tektonisches Beben vorliege, so erscheint Prof. Branco dieser Beweis nicht recht einleuchtend; vielmehr müßte bei tektonischen Beben der Ausgangspunkt in Tiefen zwischen fast Null Meter und weit über 10—20000 *m* liegen.

Endlich bemerkt Prof. Branco, daß auch die ganze Berechnungsmethode der Tiefe des Erdbebenherdes nicht einwurfsfrei ist, ja man könne sie direkt als unrichtig bezeichnen. Sie gründe sich nämlich auf die Voraussetzung, daß die Erdbebenwellen konzentrischen Kugeln von gleichgroßen Abständen angehören und die Stoßstrahlen senkrecht zu jenen stehen. Diese Annahme ist aber unzulässig, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gleichzeitig von der Elastizität und Dichte des Mediums, in dem sie stattfindet, abhängt. Es muß aber der Elastizitätsfaktor mit wachsender Tiefe sich darum ändern, weil mit dieser der Druck, welchem die Gesteine unterliegen, wächst. Daraus folgerte Prof. A. Schmidt das Gegenteil von der bisher geltenden Anschauung und zeigte, daß die Homoseisten nicht konzentrische, sondern vielmehr exzentrische Flächen sind, deren Abstände nach der Tiefe zu größer werden, weil die Elastizität mit der Tiefe wächst; und daß die Stoßstrahlen nicht gerade, sondern krumme, nach unten konvexe Linien sind. So ergab sich eine völlig andere Tiefe des Bebenherdes als nach der bisherigen Auffassung. A. Schmidt fand in zwei bestimmten Fällen statt der bisher berechneten geringen Tiefe von 18 *km* eine solche von 37—74 *km*, nämlich bei dem mitteldeutschen Beben von 1872. Sodann anstatt der bisher berechneten von 13—19 *km* die großen Tiefen von 107—120 *km* bei dem Charlestonbeben 1886. Das aber, namentlich letztere, sind so gewaltige Tiefen, daß Branco auf Grund obiger Ausführungen hier entschieden weit mehr an vulkanische Kräfte als an absinkende Schollen denken möchte. Dürfte man, sagt er, nun diese neue Auffassung verallgemeinern, was aber natürlich nicht ohne weiteres angeht, dann würde sich allem Anscheine nach für sehr viele Beben

ein tiefgelegener Herd anstatt eines flachen, folglich keine tektonische, sondern eine vulkanische Ursache ergeben. Namentlich für alle Beben, welchen ein sehr großes Ausbreitungsgebiet zukommt, ist überhaupt von vornherein eine große Tiefe des Herdes und damit eine vulkanische Ursache des Bebens wahrscheinlich.

Maaß hat sich freilich gegen diese von A. Schmidt gegebenen neuen Auschauungen gewendet. Er stützt sich auf einige Untersuchungen, die in Japan am Boden einiger 10—18 Fuß tiefen Brunnen gemacht wurden. Dort soll sich auch gezeigt haben, daß in diesen Tiefen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen geringer war, als an der Oberfläche, und er folgert aus diesen Angaben, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit allgemein mit der Tiefe abnehme.

Unter der willkürlichen Annahme, daß diese Abnahme proportional der Tiefe stattfinde, erhält Maaß zwar natürlich auch exzentrische Wellenflächen; aber deren Abstand wird, im Gegensatze zu dem Verhalten von A. Schmidts Homoseisten, mit der Tiefe kleiner; und die Stoßstrahlen sind dann nach unten konkav anstatt konvex. Weil wir indessen über das Gesetz, nach welchem diese Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach der Tiefe hin erfolge, noch nichts Sicheres wissen, so ist nach Maaß eine auch nur angenäherte Bestimmung der Tiefe des Bebenherdes bisher unmöglich.

Indessen meint Branco, die unzureichenden Beobachtungen, auf welche Maaß sich stützt, genügten doch keineswegs, um die Überzeugung zu entkräften, daß mit zunehmender Tiefe, ceteris paribus, die Elastizität, folglich auch die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen, größer werde; und um die daraus sich ergebende festgestellte Tatsache zu entkräften, daß vielfach auch an der Oberfläche die Geschwindigkeit mit der Entfernung vom Epizentrum größer wird. Sei dem aber so, dann bleibe die durch A. Schmidt, im Gegensatze zu Mallet, v. Seebach u. a. berechnete, sehr bedeutende Tiefe des Bebenherdes völlig zu Recht bestehen. Damit jedoch wachse nun der Anteil, welchen man den vulkanischen Kräften bei der Entstehung der Erdbeben zuschreiben müßte. Ob man hierbei nur an Explosionen vulkanischer Gase, bezw. von Wassermassen, oder ob man auch an Vorgänge denken wolle, wie sie A. Schmidt auf dem Geographentage in Jena als mögliche Ursache der Beben anführte — Überkühlung flüssiger Silikatmassen, die unter rascher Volumenvergrößerung erstarren — das ist nach Branco eine Nebensache. Denn auch in letzterm Falle läge die Ursache des Bebens nicht etwa in Schollenbewegungen infolge von tektonischen Vorgängen, d. h. die betreffenden Beben seien keineswegs als tektonische in dem bisherigen Sinne zu betrachten; sondern sie läge in dem Verhalten des Magmas, sie wäre mithin als eine vulkanische anzusehen.

Auch Gerland vertritt jetzt die Ansicht von der vulkanischen Natur vieler, bisher für tektonisch erklärter Beben, weil der Herd derselben so tief liege.

Indessen betont Prof. Branco, daß mit dem Gesagten nicht etwa der Versuch gemacht werden solle, das Dasein tektonischer Beben überhaupt gänzlich zu bestreiten. Vor allem in den Fällen, in welchen bei einem Beben deutlich erkennbare Dislokationen sich vollziehen, werde niemand bestreiten wollen, daß es sich hier um ein tektonisches Beben handle, namentlich dann, wenn die Länge der entstehenden Spalten eine sehr ansehnliche ist. Bei dem Beben in Beludschistan 1892 betrug an einer viele Kilometer langen Spalte die seitliche Verschiebung des einen Flügels gegen den andern 0.2—0.3 *m*, die senkrechte 0.6—0.7 *m*. Das Beben vom Jahre 1894 in Lokris war verknüpft mit der Bildung einer Spalte von 55 *km* Länge bei einem senkrechten Absinken des einen Flügels, welches bis zu 2 *m* Höhe stieg. In Japan bildete sich 1891 bei einem Erdbeben eine Spalte von 112 *km* Länge, an welcher der eine Flügel gegen den andern sowohl um 4 *m* seitlich, als auch lokal bis zu 5 *m* senkrecht verschoben wurde. Die stärksten Sprunghöhen aber, zwischen 4 und 8 *m* schwankend, zeigten sich an den Spalten, bezw. Verwerfungen, welche 1897 mit dem gewaltigen Beben am untern Brahmaputra Hand in Hand gingen. In diesen Fällen ist die entstandene Dislokation eine so in die Augen springende, daß man die tektonische Natur des Bebens nicht bezweifeln kann. In den überwiegend meisten andern Fällen von Beben aber, die als tektonische erklärt werden, ist von der Verschiebung einer Scholle nicht das mindeste zu bemerken. Es könnte hier also der Betrag der Verschiebung, falls eine solche wirklich vorliegt, nur ein ganz minimaler sein.

Wie will man aber vollends, fährt Branco fort, mit einem so unsichtbaren Betrage von Dislokation das Auftreten ganzer Erdbebenzeiten in Einklang bringen, welche Wochen, Monate, Jahre lang dauern und zahlreiche Stöße liefern? Man sollte meinen, daß, wenn in diesen Fällen die Stöße durch die Bewegung von Schollen entstehen, dann auch die Zahl und Stärke der Stöße im Einklange stehen müßte mit der Größe der Bewegung der Schollen. Eine Scholle, die Monate lang gleitet, wenn auch mit Pausen, sollte doch den Betrag der Abgleitung erkennen lassen!

Man könnte freilich geltend machen, sagt er, daß der Betrag in Wirklichkeit größer sei, als er erscheine, wenn er nämlich in der mächtigen und aus lockerer Erde bestehenden Oberflächenschicht zum Ersterben gebracht werde, so daß man die Verwerfung hier nicht mehr sehe. Das ist denkbar, sagt Branco, aber soll es häufig der Fall sein, z. B. bei den Tausenden von Beben Japans?

Jedenfalls ist in solchen Fällen, in denen man nichts von einer Dislokation erkennen kann, obgleich doch zahlreiche Stöße erfolgten, der Beweis, daß dennoch ein Dislokationsbeben vorliegt, nicht leicht zu erbringen und die Möglichkeit hier immer noch vorhanden, daß die Ursache eine andere, also eine vulkanische sein könnte.

Völlig außer Augen dürfe man aber auch die Möglichkeit nicht lassen, daß selbst eine lange und mit deutlicher Senkung des einen Flügels verbundene Spalte ihre Entstehungsursache nicht ausnahmslos notwendig immer in seitlichem Drucke, also in gebirgsbildenden Vorgängen haben müsse, sondern daß ihre Ursache auch in der senkrechten Heraufwirkung vulkanischer Druck- oder Stoßkräfte immerhin liegen könnte. Wenn nämlich beispielsweise die sogenannten Lakkolithe wirklich die Kraft besitzen, die Erdrinde über sich hochzuheben, werden sie natürlich ein Zerbrechen der überliegenden Erdrinde und damit ein Erdbeben verursachen müssen. Das Beben wäre aber in diesem Falle, trotz Spaltenbildung, kein tektonisches, d. h. durch Seitendruck hervorgerufenes, sondern beides, Spalte wie Erdbeben, wären vulkanischer Entstehung!

Das alles sind nach Prof. Branco Gründe, welche später vielleicht einmal zu der Ansicht hinführen werden, daß man den Anteil der tektonischen Vorgänge an der Erzeugung von Erdbeben jetzt überschätzt und denjenigen vulkanischer Vorgänge dabei unterschätzt.

Noch andere Gründe scheinen Prof. Branco für solche Auffassung zu sprechen. Vulkanische Beben »im engern Sinne« sind solche, deren vulkanische Ursache niemand bestreiten kann; von diesen möchte er aber vulkanische Beben »im weitern Sinne« unterscheiden, weil auch sie einen der Gründe für die Ansicht liefern, daß man in dieser Frage nicht zu sehr das tektonische auf Kosten des vulkanischen Prinzips vergrößern dürfe.

Unter vulkanischen Beben »im weitern Sinne« möchte er solche verstanden wissen, die nicht an die nächste Nähe eines speziellen tätigen Vulkanes geknüpft sind, sondern relativ fern von Vulkanen vorkommen, aber dennoch durch den Schmelzfluß, bezw. seine Gase oder den durch ihn erzeugten Wasserdampf hervorgerufen werden und die Hörnes kryptovulkanische nannte.

Das, was man bei einem Vulkane als mißglückte Ausbruchsversuche des Schmelzflusses bezeichnet, werde man vielleicht mit demselben Rechte schon zu diesen Beben »im weitern Sinne«, wie zu denen »im engern Sinne« rechnen können. Jedenfalls bildeten sie den Übergang von der erstbetrachteten Gruppe zu der nun zu betrachtenden zweiten. Solche mißglückten Ausbruchsversuche könnten sich ereignen, sowohl bei nur scheintoten Vulkanen, als auch bei solchen, die wirklich erloschen sind, in deren Tiefe aber der Schmelzfluß doch noch lebendig ist. Beide Fälle schließen sich so nahe an die früher betrachteten vulkanischen Beben im engern Sinne an, daß man sie von diesen gar nicht scharf abtrennen kann.

Zu dieser Klasse von Erdbeben rechnet Prof. Branco auch jenes von Ischia, durch welches Casamicciola zerstört wurde. Er meint, dasselbe sei nichts anderes, als durch Explosionen ihrer Gase hervorgerufene Ausbruchsversuche, die schließlich auch von Erfolg gekrönt sein würden und der Insel dann das gleiche Los bereiten könnten,

welches Herculanum und Pompeji durch den Vesuv im Jahre 79 n. Chr. erlitten haben.

Derartige Ausbruchsversuche könnten natürlich nicht bloß unter erloschenen Vulkanen sich vollziehen, sondern auch in irgend einer, von Vulkanen weit entfernten Gegend und dann so lange fortdauern, bis dort ein neuer Vulkan entstand. Das sei nun der Typus derjenigen Erschütterungen, die er mit dem Ausdrucke vulkanische Beben »im weitern Sinne« bezeichnen möchte. Ein solches Erdbeben sei ursächlich ganz dasselbe, wie ein vulkanisches »im engern Sinne«, nur die Lage sei eine verschiedene, da letzteres an einen bestimmten Vulkanberg gebunden sei, ersters aber nicht, weil dort ein solcher noch gar nicht vorhanden ist, und es fraglich bleibe, ob er sich daselbst jemals bilden werde.

Auch auf dem Meeresboden vollziehen sich Ausbrüche und Ausbruchsversuche, also vulkanische Beben im engern und im weitern Sinne.

Natürlich wird es häufig schwer sein, festzustellen, ob ein vulkanisches Beben im weitern Sinne oder ein tektonisches vorliegt, weil Vulkanbildung mit Spaltenbildung vielfach, aber nicht immer, eng verknüpft ist. Wo entstehende und tief hinabgreifende Spalten dem Schmelzfluß einen Ausweg von vornherein anbieten, wird dieser Ausweg auch meist benutzt, dann steigt der Schmelzfluß auf, oder er wird heraufgedrückt, und seine Gase explodieren. Wo dies aber der Fall, tritt eine Verquickung von vulkanischen und tektonischen Beben ein, und es wird häufig sehr schwer sein, zu entscheiden, welches der beiden Momente den größern Anteil am Zustandekommen des Erdbebens hat: ob die Erschütterung mehr eine tektonische, durch das Aufreißen der Spalte hervorgerufene ist oder mehr eine vulkanische, durch Explosionen bedingte. Diese Schwierigkeit muß vor allem da eintreten, wo sich die Vorgänge submarin vollziehen, man sie also nicht unmittelbar beobachten kann.

Auch diese Betrachtungen über die Erdbeben führen schließlich zu der Frage, ob denn die Spaltenbildung zu der Entstehung der Erdbeben notwendig immer in einem und demselben konstanten Verhältnisse von Ursache und Wirkung stehen müsse, und ob man notwendig immer folgern müsse, daß, wenn bei einem Beben eine Spalte aufreißt, das Beben die Folge dieser Spaltenbildung sei? Diese Frage, sagt Branco, wird man geneigt sein, ohne weiters zu bejahen; dennoch könnte sehr wohl auch umgekehrt einmal die Spaltenbildung Folge eines Erdbebens sein.

Vulkanismus.

Der Ausbruch des Vesuv im Frühjahre 1903. Prof. G. Mercalli gab hiervon eine Darstellung.[1]) Im Januar und in der 1. Hälfte des Februar war die Tätigkeit gering; am 20. Februar

[1]) Erdbebenwarte 2. Nr. 11 und 12.

bildete sich am Grunde des Kraters eine neue Öffnung, aus der leichtflüssige Lava geschleudert wurde. Dieselbe bildete in einigen Tagen einen Auswurfskegel neben dem Zentrum des alten Kratergrundes von einer sehr regelmäßigen Form. Während dieser Ausbrüche, welche immer von einer kurzen Detonation wie von einem starken Gewehrschusse begleitet waren, bemerkte Mercalli auch das Auftreten von Rauchringen. Die Entladungen nahmen gegen die ersten Tage des Monats März an Stärke beständig zu, so daß am 6. März das Getöse aus dem Krater bis St. Vito, das ist 5 *km* weit, vernommen wurde. Die Kraftentfaltung des Vulkanes erreichte eine außergewöhnliche Heftigkeit vom 9.—15. März, und zwar mit dem Maximum am 10.—12. März. Innerhalb dieser 3 Tage wurde das Getöse aus dem Krater in allen Orten am Fuße des Vulkanes wahrgenommen, in der Nacht des 11. März sogar leicht in Neapel. In Resina machten die Detonationen Fenster und Türen zittern. Auf der untern Station der Drahtseilbahn am Vesuv öffneten sich die Türen, der Boden zitterte ganz deutlich, so daß die Betten und die aufgehängten Gegenstände schwankten; insbesondere wurde dies bei den zwei stärksten Entladungen beobachtet, welche am 10. März um $20^h\ 30^m$ und am 12. März um $4^h\ 30^m$ aufgetreten sind. In der Nacht wiederholten sich starke Entladungen in kurzen Intervallen von einer Minute etwa, indem in hohen Säulen zusammenhängende glühende Massen ausgeworfen wurden, gewöhnlich in eine Höhe von 200 *m*, oder besser, es erfolgten Auswürfe (Explosionen) von glühenden Lavaschlacken von geringerer Höhe, aber mehr auseinandergestreut, so daß sie beim Niederfallen den ganzen Kraterrand bedeckten, und der Krater danach ringsherum glühend erschien, als wenn die Lava allseitig über den Kraterrand ausgeflossen wäre. Häufig erschienen gleichzeitig 2 Streifen glühender Schlacken auf dem äußern Mantel des Auswurfskegels an der Nord- und Südseite. Dieser Umstand beweist, daß im Innern des Kraters zwei tätige Eruptionsöffnungen vorhanden waren, und erklärt auch, warum häufig nach einem Auswurfe glühender Massen gleich darauf ein zweiter, häufig viel stärkerer folgte. Durch 3 Nächte (10., 11. und 12.) war der Widerschein der glühenden Massen ununterbrochen sichtbar. Die Temperatur des ausgeworfenen Materiales mußte bei dieser Eruptionsphase ungeheuer groß gewesen sein, da Verf. auch bei Tage, insbesondere am 12. März um 8 Uhr von Neapel aus, also auf eine Distanz von 14 *km*, den vollkommen glühenden Zustand der Eruptionsmasse beobachten konnte.

Am 13. nahmen die Entladungen an Heftigkeit ab, aber gleichzeitig änderte sich der Charakter derselben, indem große Mengen von Asche sowie Steine, die nur teilweise glühend waren, ausgeworfen wurden. Auch das Getöse, welches auf große Entfernungen hin vernehmbar gewesen war, hörte auf. Am 13. und 14. März waren die Entladungen noch sehr stark und begleitet von hohen, dichten, schwärzlichen Pinienbildungen bis zur blumenkohlartigen Form.

In der Nacht des 14. März merkte man eine deutliche Abnahme; aber am 15. hatte die Kraft der Entladung wieder zugenommen, immerhin verblieb sie aber schwächer als in den Tagen vom 10.—12. des genannten Monates.

Am 15. und 16. März stand Verf. lange Zeit auf dem Gipfel des Vulkanes, es war ihm aber unmöglich, den Rand des Kraters vom Jahre 1872 zu überschreiten. Er konnte feststellen, daß im Innern des Kraters zwei tätige Öffnungen vorhanden waren, aus welchen hier und da gleichzeitig Eruptionen verschiedener Natur erfolgten, und zwar war die Öffnung im Norden vulkanisch tätig, die im Süden gelegene warf kleine Fetzen von glühender und flüssiger Lava aus.

Das ausgeworfene Material der großen Eruptionen am 9. und 13. März bestand zum großen Teile aus elliptischen, gedrehten Bomben oder war von andern verschiedenartigsten Formen; die großen Stücke der schlackenartigen Lava waren meistens ungeformt oder hatten die Form von gequetschten Brotlaiben, deren Durchmesser häufig 1 *m* und mehr, fast 2 *m*, betragen hat. Nachdem sie auf den Boden niedergefallen, waren sie noch immer ganz teigartig weich.

Außerdem gab es eine große Menge von äußerst porösen faserigen Laven von zweierlei Farben; die eine graublau-gelblich, die andere schwärzlich. Die erstern waren sehr leicht, wie fest gewordener Schaum, die letztern fast ganz bedeckt von einem glasartig glänzenden Anfluge, der in vielen Punkten in sehr lebhaften Farben irisierte. Von den Farben war die violette, ins Grünliche, Blaue oder Gelbe spielend, vorherrschend.

Schließlich wurden während der letzten vulkanischen Ausbrüche am 14. März ausschließlich schwere Massenstücke ausgeworfen, häufig nicht ganz kugelförmig, auch nicht gedreht, weil dieselben im Innern noch glühend, beim Auswurfe aber oberflächlich schon erhärtet und geborsten waren.

Diese Eruptionsphase hielt im letzten Drittel des März noch an.

Der Mont Pelé ist im März 1903 von Dr. K. Sapper besucht worden.[1]) Die Besteigung, die er in Begleitung von Dr. G. Wegener ausführte, bot keine Schwierigkeiten dar, und die Reisenden waren ganz erstaunt, als sie plötzlich vor sich die unheimliche, gewaltige Felsnadel des Mont Pelékraters erblickten. Noch ein paar Schritte in beschleunigter Gangart, und sie befanden sich auf der etwa 150 *m* breiten, von Gesteinsblöcken und Bomben übersäeten Fläche, an deren Stelle sich ehemals der Lac des Palmistes ausgedehnt hatte, und sahen vor sich in voller Größe das mächtige, eigenartige Felsgebilde des Konus, das einen gewaltigen Eindruck machte. Zur Rechten erhob sich ein gekrümmter Berggrat, der eine Art Ringwall um den

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1903. p. 375.

Krater darstellt und damit diesem gegenüber dieselbe Rolle spielt, wie die Somma dem Vesuv gegenüber. Die Reisenden gingen an den Kraterrand selbst heran und betrachteten die merkwürdige Bildung des Kraters. Vor ihnen dehnte sich ein sichelförmig gekrümmter Graben von etwa 100 *m* Breite und 50 *m* Tiefe aus; daraus stiegen weiße Dampfwolken und bläuliche Gasexhalationen an bestimmten Stellen auf, und starker Schwefelwasserstoffgeruch verriet die Natur eines Teiles der geförderten Gase. Jenseits des Grabens erhob sich aus dem Gipfel eines Schuttkegels mit ungeheuer steilen Wänden, die auf der Südseite sogar senkrecht waren, die großartige Felsnadel des Pelé noch etwa 250 *m* frei in die Lüfte. »Wie glatt gemeißelt sieht man die Felswände emporstarren, ein langer Vertikalriß zog sich weithin durch die einheitliche Felsmasse hin; ihre gelbbraune Oberfläche ist vielfach unter einem weißen Anfluge versteckt, der von weitem sich wie Schnee präsentiert. Woraus dieser weiße Anflug besteht, weiß ich nicht zu sagen; die Anwohner versichern, daß die weißen Flächen sich bei anhaltendem Regenwetter wesentlich verringern. Der Anflug wird also zum Teil abgewaschen, löst sich aber offenbar in Wasser nicht oder nicht leicht auf. Von Zeit zu Zeit stürzten größere Felspartien in Form kleiner Bergstürze von der Felsnadel ab und rollten ihre Trümmer auf dem Schuttkegel abwärts unter lautem Gepolter — aber sonst war alles still und ruhig; nur die Nebel wogten ruhelos über uns hinweg, und leider dauerte es nicht lange, so hatten sie auch den Krater und die stolze Felsnadel unsern Blicken entzogen. Ich ging den südlichen Kraterrand entlang, später auch den nördlichen, um noch einen Blick auf den Krater zu erhaschen; es war vergeblich, und so blieb uns denn nichts übrig, als nach einem behaglichen Frühstücke an der Stelle des ehemaligen Lac des Palmistes wieder den Rückweg anzutreten.

Ein paar Tage später hatte Dr. Sapper Gelegenheit, vom Observatorium von Fonds S. Denis aus einen Ausbruch des Mont Pelé zu beobachten. »Wir saßen,« sagte er, »im Freien vor den Gebäuden des Observatoriums, als ich plötzlich einen Glutschein an der Felsnadel des Pelé wahrnahm. Bald darauf stieg auch unter leichtem Geräusche eine beträchtliche grauweiße Aschen- und Dampfwolke mit großer Geschwindigkeit, wirbelnd und quirlend, empor, und wenige Sekunden später sahen wir unter der weißen Nebelwolke, die den Fuß des Konus verhüllte, eine ähnliche bräunlichgraue Aschenwolke mit der charakteristischen wirbelnden Oberfläche der Eruptionswolken hervorbrechen und mit großer Geschwindigkeit im Tale der Rivière Blanche abwärts rollen, während die aufsteigende Wolke sich in den bekannten blumenkohlähnlichen Formen höher und höher erhob und dabei zugleich immer weiter ausbreitete, bis sie in einer Höhe von etwa 3400 *m* über dem Krater stationär wurde. Gleichzeitig war aber die absteigende Wolke, die nach meiner Schätzung kaum mehr als etwa 50 – 100 *m* Höhe besaß, rasch und lautlos talabwärts gerollt. Ihre

Bewegung glich, abgesehen von den sekundären Wirbeln, ganz und gar der einer Flüssigkeit; als die Wolke ein etwas höher aufragendes Hindernis traf, teilte sie sich und umging dasselbe auf beiden Seiten und schloß sich dahinter wieder zusammen, bis die nachfolgenden mächtigen Wolkenteile die so gebildete Insel überfluteten und die Einheit des ganzen Gebildes wiederherstellte. Die ganze Erscheinung zeigte ein Bild, wie wenn schwere Gase mit Aschen und sonstigen Auswurfsstoffen beladen hier abwärts flössen; jedoch mochte gerade die Wucht der festen Auswurfsstoffe an der bedeutenden Anfangsgeschwindigkeit schuld sein. Daß die schweren Gase aber auch große Mengen leichterer Gase und Dämpfe mit sich gerissen hatten, zeigte sich bald. Denn als die absteigende Wolke etwa in halber Höhe des Berges mit Erreichen der flachern Böschung langsamer vorzuschreiten begann, löste sich eine aufsteigende Wolke gleicher Farbe und mit gleicher wirbelnder, blumenkohlähnlicher Oberfläche von ihr los und stieg höher und höher, bis sie schließlich die Kraterwolke ganz wesentlich an Höhe übertraf. Da der Nachschub für die absteigende Wolke allmählich an Masse und Schnelligkeit nachließ, so stiegen nun auch von dem rückwärts liegenden Teile der absteigenden Wolke Gase und Dämpfe auf, die allmählich eine Brücke zwischen den beiden Wolkengipfeln herstellten. Die absteigende Wolke rollte inzwischen immer langsamer und langsamer abwärts, indem sie mit ihren Wirbeln alle Unebenheiten des Bodens vollständig ausfüllte. Allmählich wurde ihre Bewegung scheinbar schleichend langsam, die oberflächlichen Wirbel verloren ebenfalls immer mehr ihre Energie, und als die Gesamtwolke endlich nach mehrern Minuten das Meer erreicht hatte, schob sie sich nur noch ganz allmählich in dasselbe hinaus, wobei sie aber schließlich doch eine ganz ansehnliche Entfernung von der Küste erlangte — ich schätzte sie auf etwa 3—4 *km*. Die oberflächlichen Wirbel hatten aufgehört, die ganze Wolke hatte ein gleichförmiges Grau angenommen und begann sich da und dort vom Boden zu erheben, wobei die weißschimmernde Asche, die sich eben abgelagert hatte, sichtbar wurde. Mit großer Aufmerksamkeit hatten wir alle die Bewegungen der absteigenden Wolke verfolgt, waren doch alle Beobachter darüber einig, daß die fatale Glutwolke vom 8. Mai, trotz ihrer unvergleichlich viel größern Wucht und höhern Temperatur, doch in ganz gleicher Weise zu Tal gestiegen war. Als wir die Wolke so lautlos niederrollen sahen, mußten wir daran denken, wie trefflich Kapitän Freeman von der »Roddam« die Sache charakterisierte, als er sagte, er müßte beim Herannahen der Wolke an die Katze denken, welche die Maus beschleicht!

Leider wissen wir noch immer nicht, aus welchen Gasen die Ausbruchswolken des Mont Pelé bestehen, und es scheint mir, daß es nur dadurch möglich sein würde, dem Geheimnis auf die Spur zu kommen und etwas Näheres über die Wolke zu erfahren, wenn

man besonders konstruierte Registrierinstrumente und mit Reagensflüssigkeiten gefüllte Gefäße in der Bahn der absteigenden Ausbruchswolken aufstellte und nach den einzelnen Eruptionen genau prüfte.

Hereinbrechende Dunkelheit verhinderte uns, die weitern Schicksale unserer Ausbruchswolke im einzelnen zu verfolgen, und wir konnten nur noch bemerken, wie die Winde anfingen, ihr Spiel damit zu treiben und ihre stolzen Formen mehr und mehr zu verzerren und aufzulösen. Um so deutlicher ließ dagegen die Dunkelheit das Aufglühen zweier langen Risse oder Spalten an der Felsnadel des Pelé hervortreten. Nicht selten lösten sich aus diesen Spalten glühende Felsstücke los, die man dann an dem Schuttkegel weit hinabspringen und gleiten sah. Noch nach Stunden bemerkte man die glühenden Spalten des merkwürdigen Felsgebildes, und dann und wann sprühten auch höher oben, manchmal selbst nahe der Spitze der Nadel, glühende Punkte auf: wahrscheinlich hatten sich hier Steine von der Nadel losgelöst und hatten so für Augenblicke das glühende Innere derselben bloßgelegt. Angesichts der beobachteten Erscheinungen waren wir zu der Ansicht gelangt, daß das Innere der Felsnadel glühend sein müsse, und nur die Oberfläche hart und erkaltet sei. Ob das Innere nur zeitenweise oder dauernd glühend sei, die Frage zu entscheiden, fehlte uns freilich jeder Anhaltspunkt. Jedenfalls ist aber die Felsnadel des Pelé eines der merkwürdigsten Gebilde, die bisher in der Geschichte unserer Erde beobachtet worden sind: sie ändert ihre Höhe, ohne ihre Gestalt zu ändern; sie wächst über Nacht 2, 4, 10 *m* und verliert dann wieder zuweilen durch Einsturz einen großen Teil der gewonnenen Höhe. So hatte die Felsnadel durch den von uns beobachteten Ausbruch wieder 25 *m* von ihrer Höhe eingebüßt, wie Hauptmann Perney am nächsten Morgen feststellte, und ragte mit ihrer Spitze nur noch 1570 *m* über den Meeresspiegel empor. Diese eigentümlichen Höhenänderungen kann man sich nur durch die Annahme erklären, daß die Felsnadel von unten her höher und höher emporgepreßt werde, und wir müssen daher die Beobachtungsreihen der Peléobservatorien mit dem größten Interesse erwarten, da wir dadurch einen genauen Einblick in eine Wirkungsart der Natur gewinnen können, die wir bisher kaum für möglich gehalten hätten.«

Die vulkanischen Vorgänge auf Martinique nach dem Ergebnis der französischen geologischen Expedition. Über die Resultate der von der Pariser Akademie nach Westindien entsandten wissenschaftlichen Expedition hat A. Lacroix offiziellen Bericht erstattet.[1]) Er teilt darin die auf vulkanischem Wege entstandenen Bildungen in 8 Hauptgruppen, die aber nicht immer streng voneinander zu trennen sind, nämlich: Kraterkegel oder Auf-

---

[1]) Compt. rend. 1903. Nr. 6. p. 4.

schüttungskegel, bestehend aus Reihenfolgen von Schichten ausgeworfenen Materiales, die unregelmäßig ein- oder auswärts geneigt sind und durch Gänge von Lava Festigkeit erhalten. Dieser Typus entspricht geometrisch einer Reihe von nacheinander folgenden Eruptionen von mäßiger Stärke.

Calderas oder steile Abbrüche von großen Dimensionen, wahrscheinlich Erzeugnisse von ausnahmsweise heftigen, von Einstürzen begleiteten Explosionen. Die innern Wände der Calderas sind nahezu senkrecht und zeigen den Durchschnitt der vulkanischen oder sedimentären Ablagerungen des ehemaligen Bodens, der wie mit dem Messer abgeschnitten ist. Nach außen wird die Einfassung der Calderas von einer flach kegelförmigen Bekleidung gebildet, die durch Anhäufung von ausgeworfenem Materiale (Bruchstücke des alten Bodens und Laven von mit der Explosion gleichzeitiger Bildung) entstanden ist.

Weniger bekannt als die vorgenannten ist ein 3. Typus, den die gegenwärtige Eruption des Mont Pelé verkörpert. Er entsteht durch Anhäufung von Lava an der Mündung des Vulkanschlotes, bei der Eruption saurer Laven (Trachyt, Andesit, Rhyolith). Das Innere der Anhäufung wird von in Schmelzfluß befindlicher Lava erfüllt, welche sehr zähflüssig ist; die Oberfläche wird von Blöcken bedeckt, die in dem Maße, als die Erstarrung fortschreitet, abstürzen und dann für das Innere eine Art steinigen Panzers bilden. Zu diesem Typus sind die Dome der erloschenen Vulkane, im besondern die trachytischen der Puyskette zu rechnen. Die Eruption von Santorin bot 1866 den Beobachtern Gelegenheit, dem Aufbaue eines solchen Domes beizuwohnen, dem man die Bezeichnung Cumulovulkan gab. Da sich der Georgios von 1866 schnell in einen Vulkan mit Krater umwandelte, fehlte fast vollkommen die Kenntnis, in welcher Weise eine solche Bildung sich entwickelt und funktioniert; vor allem verstand man die Entstehung der bizzarren Formen nicht, welche die Oberfläche aufweisen kann, und von denen Stübel einige, durch erloschene Vulkane in Ecuador vertretene schöne Beispiele abgebildet hat. Auf diese Fragen geben jetzt die Beobachtungen am Mont Pelé Antwort.

In den ersten Tagen der Eruption hatte sich im alten Krater (Étang-Sec) eine Lavamasse aufgestaut, deren Verhältnisse Lacroix bei seinem ersten Besuche wegen eingetretenen Nebels nicht genau erkennen konnte; dagegen konnten die amerikanischen Geologen Heilprin und Hovey einen flüchtigen Blick auf diesen Gipfel werfen und beschreiben ihn als Schuttkegel. Bei den Besteigungen seit Oktober gelang es Lacroix nachzuweisen, daß diese Anhäufung in Wirklichkeit nicht aus Trümmern und Schutt, sondern aus kompakter und zusammenhängender Lava besteht. Seitdem wurden Tag für Tag die Entwicklungsfortschritte dieses in der Bildung begriffenen Domes verfolgt, vor allem die Entstehung jener Art von Zahn, der

auf seinem Gipfel steht und heute den Bergkamm um mehr als 300 *m* überragt. So oft als möglich wurden die Teile desselben gemessen, photographiert oder gezeichnet, und hieraus ergab sich dessen Emporsteigen manchmal zu mehr als 10 *m* innerhalb 24 Stunden, das übrigens oft teilweise durch Ab- oder Einstürze ausgeglichen wurde.

Dieser Dom wächst durch aus der Tiefe kommende Schmelzmasse, aber mittels zweier verschiedener Vorgänge: einmal durch Zufluß von viskoser Lava auf den Kegelspalten, die bei Nacht leuchtend sichtbar ist, dann aber durch langsame Erhebung der ganzen Masse oder wenigstens eines Teiles derselben. Der Gipfelzahn zeigt sich bei der Betrachtung von den Kraterrändern aus nicht mehr in der Gestalt eines spitzen Obelisken, wie er vom Meere aus erscheint, sondern ist in Wirklichkeit nach Südwest gekrümmt, während er nach Norden, Osten und Südosten eine zylindrische, polierte und durch Reibung senkrecht gestreifte Oberfläche besitzt. Seine südwestliche Seite allein folgt nicht regelmäßig der aufsteigenden Bewegung der andern Seiten, auch zertrümmert sie andauernd zu gleicher Zeit, in der sich die Krümmung des Zahnes deutlicher ausbildet. Daraus erklären sich die ruinenförmige Struktur des südwestlichen Kegelteiles, die ununterbrochenen dort stattfindenden Abstürze und der Umstand, daß der Gipfel die von ihm mehrmals erreichte Höhe von etwa 1550 *m* (13. März 1568 *m*) nicht erheblich zu überschreiten vermag.

Zu Santorin verbarg das unzusammenhängende Material, das durch Absturz von der in Bildung begriffenen Lavaanhäufung entstanden war, letztere den Augen der Beobachter, weshalb das Ganze sehr wohl den ihm beigelegten Namen Cumulovulkan verdiente; dagegen rollte auf Martinique, infolge der Lage der auf dem Gipfel des Berges gelegenen Lavamasse, der größte Teil des sich jeden Tag bildenden Vulkanschuttes die sehr abschüssigen Gehänge abwärts, entweder in das Tal des Blancheflusses oder in die Kraterrille (zwischen Zentralkegel und Kraterrand); der massive Fels lag fast überall nackt.

Die Beobachtung von Lacroix ist um so interessanter, als der neue Dom sich inmitten einer alten Caldera erhebt; nach und nach füllt er deren Höhlung und ist schon mit ihrer westlichen Wand verschweißt. Man hat also das ziemlich seltene Beispiel zweier vulkanischer Typen von sehr verschiedenem Alter und abweichender Bildungsweise vor Augen, die aufeinander gepfropft sind und vielleicht miteinander verschmolzen werden, sobald die Kraterrille vollständig ausgefüllt sein wird.

Man wußte längst, daß sich bei frühern Eruptionen einiger Vulkane dichte Wolken von hoher Temperatur gebildet hatten, die den Boden abgeschert und ihre Verwüstungen weithin erstreckt hatten, wobei sie auf ihrer Bahn alles Leben zerstörten (so die Eruptionen von San Jorge auf den Azoren 1580 und 1808), von ihrem Wesen

und ihren mechanisch ausgeübten Wirkungen besaß man jedoch keine zuverlässige Kunde. Die Bildung feuriger Wolken war nun einer der wesentlichen Züge der letzten Eruption des Mont Pelé, und die zahlreichen Eruptionen dieser Art, welche Lacroix vom Oktober bis zum Februar aus der Nähe beobachtete, haben ihm gestattet, festzustellen, daß sie gebildet werden durch den Auswurf von Gasen und Dämpfen, welche eine ungeheure Menge von Asche und neugebildeten Andesitblöcken mit fortrissen, und zwar in abwärts geneigter Richtung. Gegenwärtig gehen sie von der südwestlichen Basis des Gipfelzahnes des Domes aus, von dem sie fast immer einen Teil fortreißen. Im Laufe der während des Winters beobachteten Eruptionen blieb die Bahn dieser dichten Wolken beständig auf das Tal des Blancheflusses beschränkt, und es läßt sich nachweisen, daß ein Ereignis gleicher Art auch bei den großen Eruptionen vom 8. und 20. Mai, vom 9. Juli und 30. August eintrat, doch erstreckte sich damals die Wolke über eine bedeutend größere Fläche und nahm ihre Bahn zum Teile über die unglückliche Stadt Saint-Pierre, deren Zerstörung sie herbeiführte. Am 30. August sind die feurigen Wolken sogar über sämtliche äußere Abhänge des Kraters gerollt, und solches war auch bei den zerstörenden Eruptionen auf St. Vincent der Fall. Sie haben damals ihre Verheerungen auf Morne Rouge und Ajoupa Bouillon ausgedehnt, obwohl das Maximum ihrer Wirkung noch gegen Südwest gerichtet blieb. Dabei waren alle diese großen Eruptionen von jenen heftigen senkrechten Auswürfen von Asche, Lapillis und Bomben begleitet, wie solches bei normalen vulkanischen Eruptionen stattfindet. Diese vertikalen Auswürfe, welche auf der Insel Schrecken verbreiteten, sind indessen nicht von erheblichen Schädigungen gefolgt gewesen und haben bei den Eruptionen dieses Winters ganz gefehlt, wo die feurigen Wolken allein zerstörend wirkten.

Die Wirkungsweise und das Wesen der vulkanischen Vorgänge des Jahres 1902 auf den westindischen Inseln bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. A. Stübel.[1]) Dieser berühmte Vulkanologe ist bekanntlich durch seine Forschungen an den europäischen, besonders aber an den andinischen Feuerbergen und durch kritische Vergleichung der irdischen mit den Kraterbergen des Mondes zu der Überzeugung gelangt, daß es Vulkanberge geben muß, die durch eine einzige Eruption gebildet wurden, daß andere durch zwei — und diese bilden vielleicht die Mehrzahl —, manche durch drei oder vier große Ausbrüche ihre jetzige Gestalt erhielten, und daß wieder andere durch eine lange Reihe von verhältnismäßig kleinen Eruptionen, wenn auch nicht vom Grunde aus aufgebaut, so doch vergrößert worden sind. Diesen letztern mißt er unter den vulka-

---

[1]) Veröffentlichung der vulkanologischen Abteilung des Grassi-Museums in Leipzig. 1903.

nischen Schöpfungen die geringste Bedeutung bei, obgleich sie bisher die Aufmerksamkeit am meisten auf sich gezogen haben. Er gelangte dadurch aber auch zu der Überzeugung, daß die Vulkanberge (die mächtig großen Abraumhaufen der unterirdischen Werkstätten) als solche unser Interesse nur in bedingtem Maße verdienen, daß man ihre Größe, ihre Formen, ihre Tektonik und ihr Material hauptsächlich deshalb studiert, weil man aus diesen erforschbaren Dingen sichern Aufschluß über die Vorgänge erhält, die sich in jenen Werkstätten abgespielt haben. In diesen Werkstätten muß man nach Stübel Herde unterscheiden, die sich durch einen Ausbruch, durch zwei oder mehr, immer aber durch eine nur kleine Zahl von Ausbrüchen erschöpfen, und dies überzeugt dann davon, daß die scheinbar permanente Tätigkeit nur als eine ausnahmsweise in die Länge gezogene 2., 3. oder 4. Ausbruchsperiode betrachtet werden kann. Dr. Stübel zeigt ferner, daß infolge dieses Verhaltens der Herde gewisse Bergformen und gewisse Kombinationen immer wiederkehren, und daß unter den einfachen Bergformen die Dome und die Calderen die Hauptrolle spielen, die steilen Kegelberge dagegen nur den langsamen Sterbeprozeß eines Herdes zu charakterisieren scheinen, und unter den Kombinationen die des Somma-Vesuvtypus am häufigsten auftritt. An der Hand dieser Ergebnisse und mit Rücksicht auf die gewaltigen Ausbrüche von Martinique und St. Vincent fragt es sich nun, welcher Art von Herden die vulkanischen Schöpfungen dieser beiden Inseln angehören? Die Ausbruchserscheinungen beim plötzlichen Wiedererwachen des Mt. Pelé und der Soufrière, die für die Bewohner der beiden Inseln so verhängnisvoll geworden sind, kommen für die Beantwortung der Frage an erster Stelle nicht in Betracht, denn jeder Fachmann weiß, daß diese Erscheinungen selbst und die Produkte, die sie zutage fördern, unsere Kenntnis von dem Wesen des Vulkanismus nur wenig zu bereichern vermögen. Dagegen ist, wie Dr. Stübel betont, ein genaues Studium der topographischen Verhältnisse der beiden Inseln, zumal die Untersuchung ihrer von der erneuten Tätigkeit völlig verschont gebliebenen Teile am ehesten geeignet, Aufschluß darüber zu geben, inwieweit die gegenwärtige Tätigkeit der Ausbruchszentren Mont Pelé und Soufrière von der hier früher entfalteten abhängig ist.

Auf Grund des kartographischen Materials kommt Dr. Stübel zu dem Ergebnis, daß Martinique zu denjenigen vulkanischen Inseln gehört, die sich aus mehrern dicht benachbarten und scharf individualisierten Vulkanbauen zusammensetzen. »Jeder derselben gibt sich als die Schöpfung eines besondern Eruptionszentrums auch jetzt noch deutlich zu erkennen, nachdem die Tätigkeit der Atmosphärilien die ehedem konischen Bergmassen in mehr oder weniger radial angeordnete Gebirgszüge aufgelöst hat, in Gebirgszüge, die von ihren Zentren aus gegen die Küste zu verlaufen und zugleich an Höhe abnehmen. Die etwa 63 *km* lange Insel zerfällt zunächst in 2 Teile,

in einen nördlichen größern und einen südlichen kleinern. Da, wo diese beiden Teile zusammenstoßen, ist die Insel am schmalsten und auch am niedrigsten. Und allein der Umstand, daß sich hier die Baue von verschiedenen Eruptionszentren mit ihren weit vorgeschobenen Ausläufern im Niveau des Meeresspiegels nicht ganz berühren, scheint die Bildung der großen Bucht zu erklären, welcher die Stadt Fort-de-France ihren geräumigen Hafen verdankt. Der nördliche Teil von Martinique setzt sich auch seinerseits wieder aus zwei scharf getrennten Bergmassiven zusammen, aus dem des Mont Carbet und dem des neuerlich so viel genannten Mont Pelé. Die beiden Massive werden gegen Osten durch das Tal der Rivière Capot und gegen Westen durch das der Rivière Roxelane, an deren Mündung St. Pierre gelegen war, getrennt. Das an Umfang größte topographische Glied im Aufbaue der Insel Martinique bildet der Gebirgsstock, dessen höchste Punkte Les Pitons du Carbet genannt werden, und dessen Durchmesser etwa 23 *km* bei einer Höhe von 1207 *m* beträgt. Wir glauben, sagt Dr. Stübel, diesen Bau nicht nur seiner äußern Erscheinung nach, sondern auch hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse der Gesteinsbänke, die ihn zusammensetzen, richtig zu beurteilen, wenn wir ihn als den Überrest eines flachen Kegelberges auffassen, in dessen zentralen Teil eine gegen Süden weit geöffnete Caldera von etwa 8 *km* Durchmesser eingesenkt ist. Die Pitons du Carbet, Morne du Lorrain und andere Felsspitzen mehr sind dem Anscheine nach Höhenpunkte auf dem Kamme dieser Caldera, nicht die Gipfel genetisch selbständiger Berge. Demnach würde das Massiv des Carbet eine Art Somma darstellen und als die Schöpfung eines einzigen gewaltigen Ausbruches, als ein monogener Bau zu betrachten sein.«

Der Mont Pelé im Norden der Insel ist ein typischer Vulkankegel, dessen Abhänge freilich einen merkwürdig geringen Neigungswinkel zeigen; befremdlich ist dies deshalb, weil Ausbruchskegel, die eine so flache Gestalt zeigen, nicht wohl durch eine große Zahl relativ kleiner Ausbrüche im Laufe der Jahrtausende aufgeschichtet werden können, während doch die tektonische Beschaffenheit des Mont Pelé seine Aufschüttung aufs deutlichste bekunden soll. Dieser Widerspruch läßt sich nach Dr. Stübel nur durch die Voraussetzung erklären, »daß die Hauptmasse des Berges das Produkt eines einzigen großen Aufschüttungsvorganges gewesen ist, und daß in der ungeheuren Masse des dabei ausgestoßenen Materiales das glutflüssige, leicht bewegliche Magma gegenüber zähflüssigen Agglomeratlaven und losen Auswurfsprodukten die Oberhand gewonnen haben muß.« »Der flache Konus des Mont Pelé«, fährt Dr. Stübel fort, »setzt sich in der Hauptsache aus radial angeordneten Bergrücken zusammen, deren Verlauf nicht nur auf eine vielfach ungleichmäßige Anstauung der Eruptivmassen, sondern auch auf sekundäre Ausbruchszentren schließen läßt, die ihre Herde in der Bergmasse selbst hatten, und die mit der Erkaltung der Bergmasse ihre Aktionsfähigkeit einbüßten. Diese

Bergrücken sind durch tiefe Täler voneinander getrennt. Was die Täler anbetrifft, welche schon während des großen Aufstauungsprozesses vorgezeichnet und später durch Erosion nur erweitert worden sind, so verdient die Südwestseite des Berges unsere Beachtung am meisten. Hier liegt das weite Tal der Rivière Blanche, welches bei der letzten Eruption eine Hauptrolle gespielt hat und schon vorher auch dadurch bekannt war, daß in seinem obern Teile eine geringe Fumarolentätigkeit fortbestand. Wir tragen kein Bedenken, diese unverkennbar größte Einsenkung am Abhange des Mont Pelé als eine Art Calderatal aufzufassen. Der Ausbruch des Jahres 1902 hat gerade an der Stelle seinen Anfang genommen, wo diese Fumarolen lagen.«

Die Aufschichtung der Bergmasse des Mont Pelé in ihrer Erstreckung über wie unter dem Meeresspiegel schreibt Dr. Stübel der 1. Ausbruchsperiode eines lokalisierten Magmaherdes zu. Schon vor den geschichtlichen Ausbrüchen war er hiernach nahe bis zu seiner jetzigen Höhe emporgewachsen. »Der Eintritt der 2. Eruptionsepoche seines Herdes, durch die der Berg zugleich in die Zahl der tätigen Vulkane übergeführt worden ist, fällt jedenfalls in eine sehr weit zurückliegende Zeit. In welchem Größen- und Volumenverhältnisse diese jüngere Schöpfung zu ihrem Fundamentalbaue steht, und in welcher Art sie sich demselben anschließt, bleibt für den Mont Pelé noch zu ermitteln, doch dürfte die tropische Vegetation, welche seine Abhänge bedeckt, die Lösung dieser Aufgabe sehr erschweren. Die beiden einzigen geschichtlich bekannten Ausbrüche fanden in den Jahren 1792 und 1851 statt, der erstere aber ist nicht einmal sicher beglaubigt, und jeder dieser Ausbrüche hat zur Vergrößerung des in vorgeschichtlicher Zeit gebildeten Kraterkegels wohl nur wenig beigetragen. Das gleiche gilt aber auch von dem neuesten Ausbruche trotz der ungeheuren Masse der Auswurfsprodukte, die aus seinem Krater hervorgegangen sind.«

Die vier bis sechs größern vulkanischen Baue, aus denen Martinique zusammengesetzt ist, stehen nach Stübel höchst wahrscheinlich über einem großen horizontal ausgedehnten Herde, der nicht von einem Punkte aus den Überfluß seines Magmas abzuführen vermocht hat. Was den neuesten Ausbruch des Mont Peléherdes selbst anbelangt, betont Dr. Stübel, daß derselbe keine Erscheinungen hervorgerufen habe, die nicht auch anderwärts beobachtet worden wären. Als auffallend sei aber hervorzuheben, daß Lavaergüsse weder aus dem wiedergeöffneten Krater, noch am Abhange des Berges stattgefunden haben. Die zuerst als Feuerstrom beschriebene Ergußmasse, welche ihren Weg durch die Rivière Blanche nahm und die Zuckerfabrik des Dr. Guérin zerstörte, hat sich später als Schlammstrom erwiesen. Um das Auftreten solcher Schlammergüsse zu erklären, bedarf es aber nach Stübel nicht der Voraussetzung, daß Meerwasser in den Herd eingedrungen sei; vielmehr sei die in dem vielleicht nur scheinbar flachen Kratersee (Lac des Palmistes) angesammelte Wasser-

menge gewiß für die einmalige Hervorbringung eines solchen Stromes völlig ausreichend gewesen. Die Lawine scheint ihren Ursprung etwas unterhalb des Gipfelkraters, am Etang sec, dem Schauplatze alter Fumarolentätigkeit, genommen zu haben und hat, da sie sich bis ins Meer ergoß, einen Weg von etwa 6 *km* zurückgelegt.

Daß aber bei dem Maiausbruche der Mont Peléherd glutflüssiges Magma überhaupt nicht ergossen haben sollte, hält Dr. Stübel für in hohem Grade unwahrscheinlich; vermutlich hat es sich unterseeisch einen Ausweg gebahnt. Er weist auf Beispiele hin (auf Hawaii, Réunion und Santorin) in denen submarine Lavaergießungen in großem Maßstabe stattfanden, ohne daß sie sich an der Oberfläche des Meeres auch nur im geringsten bemerkbar machten. Die Zerstörung des Telegraphenkabels bei Martinique ist nach Stübel sehr wahrscheinlich auf einen solchen unterseeischen Lavaerguß zurückzuführen, und zwar muß derselbe bereits vor dem großen Ausbruche des Mont Pelé eingetreten sein, denn schon am 7. Mai war der Dampfer Pouyer-Quertier damit beauftragt, das schadhaft gewordene Kabel aufzusuchen und zu heben.

Auch ist bekannt, daß submarine Lavaergüsse lokale Flutwellen hervorrufen können, wie solche am 8. Mai bei Martinique stattgefunden haben und sich auch nach dem bei jeder großen Kraterexplosion des Mont Pelé wiederholten. Man kann daher nach Dr. Stübel mit größter Wahrscheinlichkeit die Kraterexplosionen nur als Begleiterscheinungen von unterseeischen Lavaergüssen an einer und derselben Ausbruchsstelle ansehen. »Wenn«, sagt er, »der Ätna anstatt 3300 *m* nur (wie der Mont Pelé) 1350 *m* über den Meeresspiegel emporragte, so würde man den vermutlichen submarinen Lavaerguß des Mont Pelé von 1902 seiner Tiefenlage nach — das zerrissene Telegraphenkabel lag in 2600 *m* Tiefe und 26 *km* von der Küste entfernt — mit dem Flankenausbruche vergleichen können, der im Jahre 1669 Catania zerstörte.«

Neben der Schlammergießung hat die Tätigkeit des Mont Pelékraters nur bestanden in rasch vorübergehender, überaus gewaltsamer, mit Feuererscheinung und furchtbaren Detonationen verbundener Ausstoßung von totem Materiale, von glühenden Schlacken, Gesteinsstücken und großen Blöcken, besonders aber von fein zerstäubter Gesteinsmasse, der sogenannten Asche. Wirkliche Höhenpunkte in dieser Art von Tätigkeit scheint der Herd des Mont Pelé außer am 8. Mai, der für die Bewohner der Umgegend so verhängnisvoll geworden ist, auch noch mehrmals, z. B. am 20. Mai, 6. Juni, 9. Juli, in den letzten Tagen des August und am 3. September erreicht zu haben. Kürzere oder längere Pausen, in denen der Berg fast nur noch rauchte, liegen zwischen diesen Zeitpunkten des Paroxismus. So war es bereits am 16. Mai möglich, den Berg wieder zu besteigen.

Alle Aufzeichnungen, welche über die Tätigkeit des Mont Pelé gemacht wurden, stimmen genau mit der Tätigkeitsart anderer Vulkane überein, so daß der Berg keine Sonderstellung unter diesen

einnimmt. Über die genaue Lage des Ortes, an welchem die Explosion erfolgte, durch die Saint-Pierre zerstört wurde, gehen die Ansichten der Fachleute, welche der wissenschaftlichen Untersuchungskommission angehörten, auseinander. Im Oktober 1902 war nach dem Berichte von Lacroix im Innern des Kraters die Bildung eines Ausbruchskegels im Gange, was nach den Erfahrungen an andern Vulkanen auf einen nahen Abschluß der neuesten Tätigkeitsperiode hinzudeuten scheint. Im übrigen weist Dr. Stübel darauf hin, daß der Mont Peléherd offenbar zu denjenigen Vulkanherden gehört, die nur sehr selten von den Vorgängen Zeugnis zu geben haben, die sich in ihrem Innern gleichwohl ständig abspielen. Aber gerade deshalb bleibt er ein gefährlicher Vulkan für die Bewohner seiner nächsten Umgebung, denn häufige kleine Eruptionen bieten erfahrungsgemäß eine gewisse Gewähr gegen plötzliche Gewaltäußerungen großen Maßstabes.«

»Sollte nicht«, sagt Dr. Stübel weiter, »in dieser letztern längst bekannten Tatsache eine unbewußte Beglaubigung des lokalisierten Herdes, selbst seitens derjenigen liegen, die sonst noch immer in den Vulkanen die Sicherheitsventile des tiefen Erdinnern erblicken möchten? Im übrigen aber müssen die Geologen, so schwer es sie auch ankommt, leider doch zugeben, daß sich ihre Hoffnung, Eruptionen und seismische Erscheinungen voraussagen zu lernen, wodurch so großem Unheile vorgebeugt werden könnte, in dem Maße vermindert, in dem ihr Einblick in den Mechanismus der vulkanischen Kräfte an wissenschaftlicher Grundlage gewinnt.«

Daß der Ausbruch des Mont Pelé am 8. Mai 1902 für Saint-Pierre so verhängnisvoll wurde, ist nach Dr. Stübels Ansicht wohl hauptsächlich dem Nordostpassate zuzuschreiben, der, wie so oft in solchen Höhen der tropischen Zone, wahrscheinlich auch an diesem Tage eine sturmartige Heftigkeit erlangt hat. E. Deckert, der den Mont Pelé im Jahre 1898 bestieg, hat ähnliches selbst erprobt, denn er schreibt in seinem Berichte: »Unsere Träger werden mit ihren Kopflasten Dutzende von Malen von dem Passatwinde, der zeitweise Sturmstärke entfaltet, zu Boden geschleudert, ab und zu auch wir selbst.« Ein Wind von ähnlicher Stärke mußte natürlich ausreichen, um die Auswurfsprodukte des Vulkanes in wenigen Sekunden, noch völlig glühend, nach dem kaum 8 *km* entfernten Saint-Pierre zu tragen. Erst als der Passat bei den gewaltigen Eruptionen, die Ende August und in den ersten Tagen des September aufs neue stattfanden, vermutlich von seiner Hauptrichtung abgewichen war, wurden auch die bis dahin verschont gebliebenen Landstriche der Umgebung von Morne Rouge im Süden und bis gegen das Kap St. Martin hin im Norden von den Auswurfsprodukten des Mont Pelé schwer heimgesucht.

»Ein Rückblick auf den Verlauf der neuesten Mont Peléeruption und auf die dabei zutage geförderten Auswurfsprodukte muß uns

sagen«, fährt Dr. Stübel fort, »daß selbst eine tausendfache Wiederholung solcher und ähnlicher Ausbrüche nicht genügt haben würde, um einen Mont Pelé hervorzubringen, auch wenn wir von dem im Meere untergetauchten, wahrscheinlich seinem Volumen nach noch weit größern Teile des Massivs ganz absehen wollten. Die vulkanische Tätigkeit ist auch hier in ihrer schöpferischen Kraft unverkennbar zurückgegangen, aber nicht erst jetzt, sondern sie war es schon damals, als sie dem flachen Dome des Mont Pelé den heutigen Kraterkegel aufsetzte, der im Laufe der Zeit nur noch geringen Zuwachs erfuhr. Die Bildung dieses Kegels in vorgeschichtlicher Zeit spricht dafür, daß auch der Mont Peléherd seine 2. Ausbruchsperiode scharf markiert hat, und in seiner heutigen Beschaffenheit als ein Doppelberg des Somma-Vesuvtypus, wenn auch als solcher von weniger ausgeprägter Form, betrachtet werden muß.«

Die Insel St. Vincent gleicht in ihrer äußern Gestalt der nördlichen Hälfte von Martinique. Der Vulkan Soufrière stellt nach Stübel ein vollendetes Gegenstück zur Somma des Vesuvs dar, auch fehlt der zentrale Ausbruchskegel nicht, nur ist er in sich zusammengebrochen, und sein wallartiger Überrest umschließt einen Kraterkessel, der vor dem Eintritte der neuesten Eruption das Becken eines Sees von über 1000 *m* Durchmesser bildete. Die Höhe dieses Sees über dem Meere wird auf der englischen Admiralitätskarte zu 596 *m* angegeben. Dieser wassererfüllte Kraterkessel war der Schauplatz der gewaltigen Eruptionen, die in den ersten Tagen des Mai 1902 begannen, und deren Wiederkehr auch jetzt noch ebensowenig ausgeschlossen ist, wie beim Mont Pelé. Aus dem Berichte Hoveys, der den Krater wiederholt (am 31. Mai und 4. Juni) besuchte und zuletzt, am 9. Juni, sogar bis zum Gipfel erstieg, ist zu entnehmen, daß weder die Dimensionen des Kraters, noch die topographischen Verhältnisse seiner Umgebung, trotz der furchtbaren Kraftäußerung der Explosionen und der ungeheuren Massen der hier abgelagerten Auswurfsprodukte, eine wesentliche Umgestaltung erfahren haben. An Stelle des Sees im alten Krater zeigte sich (am 31. Mai) eine trichterförmige Einsenkung von etwa 200 *m* Tiefe unter dem Niveau des frühern Sees und auf dem Boden derselben eine kleine Ansammlung brodelnden Wassers, aus der eine weiße Dampfsäule emporstieg.

Der Ausbruch des Soufrière begann 2 Tage früher als der des Mont Pelé und wurde durch lokale Bodenerschütterungen eingeleitet. Auch auf St. Vincent fanden Lavaergießungen aus dem Krater nicht statt, sondern es handelte sich nur um Schlammströme. Daß mit Erguß von solchen der Ausbruch der Soufrière begann, darf, wie Dr. Stübel hervorhebt, nicht befremden, da zunächst die großen Wassermassen entfernt werden mußten, die den See gebildet hatten. Sind aber auch dem Krater keine Lavaströme entquollen, so ist nach Stübel doch auch hier als das wesentlichste Moment im Eruptionsvorgange die angestrebte Abführung glutflüssigen Magmas zu be-

trachten und anzunehmen, daß bei der Soufrière, wie beim Mont Pelé der Kraterschacht zwar die Rolle eines riesigen Schornsteines für den Abzug von Gasen und Dämpfen spielte, die schweren Schmelzmassen aber an einer tiefern, unterseeisch gelegenen Stelle des Berges ihren Ausweg zu finden wußten. Allerdings vermißt man an der Küste von St. Vincent Angaben über untrügliche Anzeichen eines submarinen Ausbruches, wie für Martinique. Da aber unterseeische Lavaergüsse sehr geräuschlos vor sich gehen können, und Temperaturbeobachtungen in den tiefern Meeresschichten der Umgebung von St. Vincent nicht angestellt worden sind, ist die Annahme Dr. Stübels nicht widerlegt, vielmehr dürfte die unterseeische Austrittsstelle des Magmas nach seiner Ansicht am ehesten in der Verlängerung des Walliboutales, das genetisch Ähnlichkeit mit der Rivière Blanche aufweist, vermutet werden. Sehr auffällige Veränderungen, bis auf 3 *km* ausgedehnte Bodenrutschungen, haben nämlich gerade in diesem Teile der Küste, zwischen Wallibou-River und Morne Ronde-Village, stattgefunden; jedenfalls, sagt Dr. Stübel, besitzt der Soufrièreherd seine eigene unterseeische Mündung, aus der die Lava abfließt; es wäre durchaus unzulässig, anzunehmen, daß die mit aller Sicherheit am Mont Pelé vorhandene Ergußstelle dazu ausreichen könnte, auch den weit entfernten Soufrièreherd zu entlasten. Das Verhalten beider Eruptionszentren im Verlaufe ihrer neuesten Tätigkeitsperiode ist nach Stübel in allem wesentlichen völlig gleichartig gewesen. »Die Eruptionen stimmen namentlich auch in der Plötzlichkeit überein, mit der sie die, in der Geschichte der Vulkanausbrüche beispiellosen Verheerungen innerhalb scharf umgrenzter Gebiete verursacht haben. Unverkennbar deutet die scharfe Abgrenzung der Verheerungsgebiete darauf hin, daß neben dem Ausbruchsvorgange ein äußerer Umstand hinzu kam, der sowohl für Martinique als auch für St. Vincent derselbe gewesen ist. Als solcher kann aber, um es nochmals zu erwähnen, nur der Nordostpassat angesehen werden; er trägt offenbar die Hauptschuld an der Größe des Unglückes. Ohne ihn wären die festen und gasförmigen Auswurfsprodukte des Kraters nicht in solcher Menge, nicht so versengend heiß und in so wenigen Sekunden nach Saint-Pierre oder Wallibou, nach Chateau Belair und Georgetown gelangt; ohne ihn würde einem großen Teile der Bevölkerung dann hinlängliche Zeit zur Flucht geblieben sein. Der Nordostpassat steigert sich in den höhern Regionen tropischer Breiten, besonders in Höhen von über 1000 *m*, gar nicht selten, wie Reisende zu ihrem Nachteile oft genug in Erfahrung gebracht haben, zu sturmartiger Heftigkeit. Ein solcher Sturm im Kampfe mit der ungeheuren Gewalt der vertikal emporgetriebenen Explosionsgase ist aber wohl geeignet, das Ungewöhnliche der Erscheinung, aus dem der größere Teil des Unheils für beide Inseln hervorging, einigermaßen begreiflich zu machen.

St. Vincent hat bei den Ascheausbrüchen der Soufrière weit mehr unter der verheerenden Wirkung des Passats zu leiden, als

Martinique bei solchen des Mont Pelé, weil die Soufrière so gelegen ist, daß der über den Krater hinwegwehende Wind die Insel fast in ihrer Längenausdehnung bestreicht, während auf Martinique nur noch ein kleiner Teil der Insel von dem den Mont Pelé passierenden Winde gestreift wird.«

So verheerend nun auch die Ausbrüche auf Martinique und St. Vincent waren, denen sich geringe vulkanische Regungen auf Dominica und Barbados anschlossen, so sind sie im geologischen Sinne doch sehr unbedeutend, und Dr. Stübel ist durchaus berechtigt, auszusprechen, daß sie keineswegs mit der Tätigkeit des großen Zentralherdes der Erde in Verbindung gebracht werden dürfen. Anderseits aber sind diese Erscheinungen doch so gleichzeitig an den verschieden Punkten eingetreten, daß ihnen ein innerer Zusammenhang nicht wohl abgesprochen werden kann. »Wenn es schon auffällig sein mußte«, sagt Dr. Stübel, »daß die neuesten Tätigkeitsperioden beider Zentren ihren Anfang fast gleichzeitig nahmen, so wird dem Glauben an das Walten eines Zufalles der Boden dadurch entzogen, daß die Ausbrüche vom 3. September, die der Katastrophe vom 7. und 8. Mai an Intensität kaum nachstanden, ja hier und dort wiederum gleichzeitig eintraten, diesmal sogar auf den gleichen Tag fielen. Durch diese gewiß sehr merkwürdige Tatsache könnten wir zu dem Schlusse verleitet werden, daß beide Ausbruchszentren einem gemeinschaftlichen Herde angehören müßten, wenn nicht zugleich auch der Anachronismus ihrer Tätigkeit für das Gegenteil spräche. Daß beide Herde, der des Mont Pelé und der der Soufrière in der Tat als unabhängig voneinander betrachtet werden müssen, bekunden außer den kleinern, nichtkoinzidierenden Eruptionserscheinungen in noch schlagenderer Weise die frühern, in historische Zeit fallenden Ausbrüche beider Vulkane, die, obgleich sie große Ausbrüche gewesen sind, dennoch nicht koinzidierten. Für Martinique kommt, neben dem zweifelhaften Datum von 1792, mit Sicherheit allerdings nur eine Jahreszahl, 1851, in Betracht, für St. Vincent dagegen deren zwei, 1718 und 1812. Dieses schwankende Verhalten beider Vulkane in ihren Beziehungen zueinander führt uns zu der Ansicht, daß die hier in Frage stehenden Inseln sicherlich über getrennten Herden liegen, daß diese aber auch noch mit einem ihnen gemeinschaftlichen, wahrscheinlich weit aktionsfähigern und tiefer gelegenen Herde in Verbindung stehen. Bei dem neuesten Ausbruche im karibischen Meere möchten wir nun annehmen, daß es nicht die Einzelherde gewesen sind, welche aus eigener Kraftentfaltung in Tätigkeit traten, sondern gewaltige Expansionsvorgänge, die sich in einem tiefern Herde vollzogen und auf die höher gelegenen Herde in verschiedenem Grade, je nach der Gangbarkeit der Verbindungskanäle einwirkten. Und nichts könnte diese Auffassung der Verhältnisse besser stützen, als die ungeheuren Massen toten Materiales die zunächst ausgestoßen werden mußten, um dem von unten wahrscheinlich nachdringenden

Magma Raum zu schaffen. Was ein solcher Raum nicht zu fassen vermag, fließt dann in Strömen über, sei es durch den Schacht eines alten Kraters, oder sei es durch einen neu erbohrten seitlichen Ausweg. Auf diese Weise würde sich wenigstens das gleichzeitige Eintreten von vulkanischen Reaktionen verschiedener Intensität und Äußerungsart an weit auseinander liegenden Orten möglicherweise am einfachsten erklären lassen.«

Schließlich wirft Dr. Stübel die Frage auf, was die Ausbrüche des Jahres 1902 im Karibischen Meere bezüglich der Frage lehren, ob die Tätigkeit vulkanischer Kräfte eine Herstellung permanenter Verbindung mit dem tiefern Erdinnern anstrebe, oder ob es sich dabei nur um Gewaltäußerungen handle, die von einem enger umgrenzten Ursprungsorte ausgehen?

»Wäre das erstere der Fall«, sagt er, »so würde das Wiedererwachen eines Vulkanes nur die Fortsetzung seiner frühern Tätigkeit sein, es würden an einem und demselben Ausbruchsorte unermeßlich große Eruptionen mit verschwindend kleinen in willkürlicher Reihenfolge miteinander abwechseln können; jeder Lavaerguß würde, auch wenn er zu den größten der irdischen Vulkane gehörte, doch nur einen Tropfen der ungeheuren Magmamasse darstellen, die der unerschöpfliche Behälter des Erdinnern birgt.

Dies wäre die Folge der Tätigkeitsart, die man bisher sehr allgemein als die der irdischen Vulkane vorausgesetzt hat.

Ihr gegenüber steht eine andere, auf neuere, vergleichende Beobachtungen gegründete Ansicht (nämlich eben die Dr. Stübels), die der vulkanischen Tätigkeit in der Gegenwart bestimmte Grenzen zieht. Nach ihr schöpfen die eruptiven Kräfte, im Vergleiche mit den Erzeugnissen ihrer frühern Tätigkeit am gleichen Orte, nicht mehr aus dem vollen einer uneingeschränkten Leistungsfähigkeit, sondern das, was sie an glutflüssigem Magma unter sonst nebensächlichen Gewaltäußerungen ausstoßen, ist das Maximum ihrer Leistungsfähigkeit für einen bestimmten Herd und für ein ebenso bestimmtes Stadium im Absterben desselben. Infolgedessen läßt sich der Eintritt von unermeßlich großen Ausbrüchen aus noch fortwirkenden Eruptionszentren nicht erwarten; die Aktionsfähigkeit der Vulkanherde muß sich vielmehr, wie es scheint, immer innerhalb gewisser Grenzen halten, die für das eine Eruptionszentrum weiter, für das andere enger gezogen sind. Sofern also plötzliche Steigerungen in der Tätigkeitsart eines Vulkanes eintreten, können auch sie diese Grenzen nicht überschreiten.

Die wissenschaftliche Bedeutung, die der neueste Mont Peléausbruch für sich in Anspruch nehmen darf, ist in der Bestimmtheit zu suchen, mit der er auf das lokale Wirken der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart hinweist. Und dies geschieht um so nachdrücklicher, als auch ein zweites, benachbartes Zentrum, das von St. Vincent, zugleich in Aktivität versetzt worden ist. In dieser Gleichzeitigkeit liegt also der Schwerpunkt der vulkanischen Begeben-

heit des Jahres 1902 an dieser Stelle. Beide Eruptionszentren arbeiteten unverkennbar, wenn auch gleichzeitig, so doch völlig unabhängig voneinander, was sicherlich nicht stattgefunden hätte, wenn nur ein in unendlicher Tiefe gelegener Herd in Frage gekommen wäre, dessen Leistungen auch dynamisch dieser Tiefe entsprochen haben müßten. Und um das Bild eines so unbedeutenden Wirkens der vulkanischen Kräfte, das die letzten Ausbrüche im Karibischen Meere vor unsern Augen aufgerollt haben, zu vervollständigen, darf auch die Geringfügigkeit der Reaktionen auf andern Inseln der Antillengruppe der jetzigen und frühern Ausbruchsperioden nicht übersehen werden. Alle Erscheinungen deuten darauf hin, daß es sich auch in diesem ausgedehnten Vulkangebiete nur um das Wirken lokalisierter, im Ersterben begriffener Herde handeln kann. Daß glutflüssiges Magma aus bereits vorhandenen Kratern ergossen worden, ist nicht zu beobachten gewesen, daß aber solches dennoch als die eigentliche materia peccans angesehen werden muß, und auch in diesem Falle, wie so häufig, unterseeisch zum Austritte gelangt ist, kann nicht bezweifelt werden. Es wird also durch die neusten Eruptionsvorgänge auf den Kleinen Antillen die Richtigkeit des Satzes keineswegs in Frage gestellt, daß der Zweck aller vulkanischen Tätigkeit die Ausstoßung einer gewissen Menge glutflüssigen Magmas ist, die sich für einen bestimmten Herd und vielleicht nur für eine bestimmte Stelle desselben vorübergehend notwendig macht, nicht aber die Schaffung einer bleibenden Verbindung mit dem Ursprungsorte dieses Magmas angestrebt wird. Die Ausstoßung eines solchen Quantums glutflüssigen Magmas allein vermag den Gleichgewichtszustand im Innern des Herdes auf längere oder kürzere Zeit wieder herzustellen, je nach dem Grade der Erschöpfung, in der er sich bereits befindet.

Es war zu erwarten, daß die Herde des Mont Pelé und der Soufrière diese Erkenntnis gleichfalls bestätigen würden, und dies ist auch, soweit sich der Verlauf der Begebenheit bis jetzt überblicken läßt, wirklich der Fall gewesen.

Nichts aber vermag beweiskräftiger für das Vorhandensein begrenzter, peripherischer Herde zu sprechen, als die Erzeugung toten Materiales, der Schlacken und Asche in so ungeheuren Mengen, wie sie besonders beim Beginne einer Eruptionsepoche zur Ausstoßung gelangen und auch hier wieder gelangt sind. Schlacken bilden sich bei der Erstarrung gasreichen Magmas durch Abgabe von Wärme, die, wenn auch weit langsamer als in freier Luft, gleichfalls in den geschlossenen Räumen peripherischer Herde vor sich gehen muß. Da aber Magmamassen, die peripherischen Herden angehören, eine Ergänzung der von ihnen abgegebenen Wärme aus der Tiefe des etwaigen Zentralherdes wahrscheinlich nicht in gleichem Maße ihres Verlustes erfahren, so liegt es auf der Hand, daß diese Herde zugleich auch Erzeugungsorte großer Schlackenmassen sein müssen. Und von dem quantitativen Verhältnis, in welchem der Rest der glutflüssigen Füll-

masse solcher Herde zu der bereits in Erstarrung übergegangenen oder übergehenden steht, wird im allgemeinen die größere oder geringere Menge des toten Materiales abhängen, daß wir bei Eruptionen, wie auch jetzt wieder bei denen des Mont Pelé und der Soufrière ausgestoßen sehen. Je länger die Pausen zwischen den einzelnen Ausbruchsperioden währen, umsomehr wird, wie man voraussetzen darf, das Quantum des toten Materiales in der Tiefe anwachsen; seine Ausstoßung ist daher keineswegs ein Beweis für die vitale Kraft eines Herdes, sondern für dessen Siechtum, das einen letalen Ausgang unfehlbar nehmen muß.

Die eigentliche, weithin schreckenverbreitende Kratertätigkeit der auf der Erde noch vorhandenen Ausbruchszentren entspringt lediglich dem Kampfe des energiebegabten Magmas mit dem toten Materiale, durch dessen bergartige Aufschichtungen es selbst der Äußerung seiner Kraft im Laufe der Zeit feste Schranken zieht, und die es bei jeder aufs neue erzwungenen Durchbrechung nur noch verstärkt, indem es ihnen weitere tote Massen hinzufügt.«

»Die Tätigkeitsperioden ersterbender Herde pflegen mit Schlacken- und Aschenauswürfen zu beginnen und schließen auch zumeist mit solchen ab, doch zeigen sie sich dann von geringerer Heftigkeit und Dauer. Die so vorherrschend aus totem Materiale aufgeschichteten Kegel sind die Schlußstücke der gewaltigen Grabmonumente, die sich die vulkanischen Kräfte dort, wo sie ihre einstige Tätigkeit walten ließen, errichteten oder zu errichten noch fortfahren.«

Der Puy de Dôme ist von Dr. P. Verbeek auf Grund eigener Ersteigung geschildert worden.[1]) Seine Höhe beträgt 1465 *m*, und sein Besuch wird von Clermont-Ferrand aus unternommen, eine Stadt, die von den Puys in weitem, nach Osten geöffnetem Halbkreise umlagert ist, aus dessen Mitte die beherrschende Kuppe des Puy de Dôme, von allen Plätzen der Stadt sichtbar, hervorragt. Der oberste Teil des Berges ist waldlos, die obern Hänge sind mit spärlichem Grase bedeckt, der Gipfel selbst bildet ein kleines Plateau, das wieder von einem Hügel überragt wird. Oben befindet sich (seit 1876) ein meteorologisches Observatorium, das mit Clermont telephonisch und telegraphisch verbunden ist. »Vom Puy de Dôme, der wie ein mächtiger Aussichtsturm diese interessante Welt überragt, lassen sich besonders schön die Kratere erkennen, die in den verschiedensten Formen die alten Feuerberge krönen. Da senkt sich nach Norden der Blick steil hinab in den Krater des kleinen Puy de Dôme, dessen Wände fast gänzlich aus Schlacken bestehen, und der wegen seiner regelmäßigen Form Hennennest — nid de la poule — genannt wird. Weiter nördlich erhebt sich der Puy de Pariou mit seinem kreisrunden, 810 *m* im Durchmesser und 93 *m* in die Tiefe messenden

---

[1]) Deutsche Geogr. Blätter 1903. 26. p. 105.

Krater, der wieder von einem teilweise erhaltenen, sommaartigen Kraterrande umgeben ist. Aus ihm hat sich voreinst ein mächtiger Lavastrom ergossen, der sich die Hänge des Plateaus herunter bis nach Clermont zieht. Noch größer ist der Lavastrom, der aus dem westlich danebenliegenden Puy de Côme geflossen ist. Von seinem Ausgangspunkte bis zum Bette der Sioule, wo er sein Ende nimmt, mißt er 10 *km*. Weiter nördlich sieht man de Puy Chopine, der mit seinem Krater in den größern Schlund des Puy de la Goutte eingeschachtelt ist. Auch nach Süden hin erhebt sich noch eine Reihe von Puys, zwischen denen der Lac d'Aydat hervorblitzt, dessen Spiegel der Stauung des Veyrebaches durch einen Lavastrom sein Dasein verdankt. Was diese vulkanische Gegend so anziehend macht, das ist der Schein der Neuheit, der über ihr liegt; die öden Kraterberge scheinen noch zu drohen, die tief zerrissenen Lavaströme sehen aus, als wären sie erst jetzt geflossen. Das Volk betrachtet sie daher auch mit Mißtrauen, da sie ihm einen großen Teil anbaufähigen Bodens rauben; und es werden noch Jahrtausende vergehen, ehe der Pflug über diese Steinwüsten geführt werden kann. Der Name Cheires, womit es sie benennt, ist auch auf die Karten übergegangen.

Über die südlichen Puys hin schweift das Auge auf die mit Hügeln besäte und von Tälern zerrissene Hochebene, die sich nach Osten hin langsam abfallend in die weite Ebene von Limousin verliert.

Nach Süden findet der Blick auf die Hochebene eine Schranke durch das mächtige Massiv des Mont Dore. Das treffliche Fernrohr des Observatoriums läßt die Einzelheiten deutlich erkennen; die tiefen Täler, die von den Flüssen in seine Flanken eingegraben sind; die nadelscharf aufsteigende Pyramide des Puy de Sancy, seine felszerrissenen Hänge nach dem Val d'enfer. Dahinter aber, schon in beträchtliche Ferne gerückt, erhebt sich breit und massig der Rücken des Cantal. Weiter im Südwesten zieht sich ein langgestrecktes, nach Nordwesten gerichtetes Gebirge hin; in seiner mauerartigen Erhebung erinnert es an den Schweizer Jura. Doch das Fernrohr löst es in eine Menge von Kegelbergen auf; mit seinen zahlreichen kratertragenden Puys gleicht es einer großen Fabrikstadt, in der sich Esse an Esse reiht. Es sind die zwischen den Quellen von Loire und Allier gelegenen Cevennen von Velay.«

Die Vulkane bei Karabunar im südöstlichen Kleinasien sind von F. Schaffer besucht worden.[1]) Die Stadt Karabunar liegt ganz im vulkanischen Randgebiete der lykaonischen Senke, umgeben von Tuffhügeln und Anhäufungen vulkanischen Schlammes, der zur Gewinnung von Salpetersäure auf primitive Weise ausgelaugt wird. Die jungen Miniaturvulkane, die sich östlich von Karabunar erheben, gehören nach Schaffer zu den interessantesten Beispielen von Eruptions-

---

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1908. p. 76.

zentren und sind als wahre Musterbeispiele den Vorkommnissen der Umgebung von Clermont an die Seite zu stellen, bieten aber noch größere Abwechslung als diese. »Hier liegt ein einfaches oblonges Maar mit senkrechten Wänden und ebenem Boden in den Untergrund der von ausgeworfener Asche bedeckten Ebene eingebettet, daneben befindet sich ein viel größeres rundes Maar, das einen Salztümpel birgt, aus dem sich ein Aschenkegel mit einem wohlerhaltenen Krater inselartig bis über das Niveau der Umgebung erhebt. Wir müssen uns wohl vorstellen, daß hier zuerst eine große Explosion stattgefunden hat, die das Maar schuf, und erst später Asche gefördert wurde, die sich zu dem Kegel anhäufte.

In nächster Nähe erhebt sich ein Vulkanberg mit 2 Kratern, einem ältern flachen, auf der Spitze gelegenen und einem jüngern sehr tiefen, der nach Norden gerückt ist und das Felsgerüste des Berges bloßlegt. Im Osten und Westen liegen noch andere, zum Teil prächtig erhaltene erloschene Vulkane.« Der Karadscha Dagh, der sich wie ein Gebirgszug nordöstlich von Karabunar erhebt, scheint ein stark erodiertes Vulkanmassiv, nicht eine Kette von Eruptionskegeln zu sein, wovon der Reisende sich durch den Anblick, den er von verschiedenen Seiten bietet, überzeugt zu haben glaubt.

Die vulkanischen und seismischen Vorgänge im Ostindischen Archipel während des Jahres 1901 behandelt eine Publikation des magnetischen und meteorologischen Observatoriums zu Batavia.[1]) Der bedeutendste Ausbruch fand statt beim Kelvet am 23. Mai 1901. Der Smeroe verursachte am 29. und 30. Januar starken Aschenregen, am Sapoetan erschütterten in den Tagen vom 6. bis 9. Februar starke Erdbeben die weitere Umgebung, am Vulkane von Banda und am Rendjani hörte man einen starken Knall und verspürte schwache Beben, bei ersterm am 18. und 19. Mai, bei letzterm am 1. Juni. Der Ausbruch des Kelvet begann unter starkem Getöse in der Nacht vom 22. zum 23. Mai; leuchtende Wolken trieben unter heftigen elektrischen Entladungen mit dunklen Aschenwolken vereinigt gegen WNW, und bald begann ein stärker werdender Stein- und Aschenregen. Durch den westwärts getriebenen Aschenregen wurden besonders die Gegenden um Kedivi und Paree geschädigt. Der tätige Krater enthielt einen See, aus dem sich bei dem Ausbruche ein Schlammstrom längs der Ravinen des Berges gegen Blitor ergoß und die Plantagen der Umgegend verwüstete. Wirkliche Lavenergüsse traten nicht auf. Das Material der gefallenen Steine ist Pyroxenandesit; die gleichen Mineralkomponenten enthält auch die gefallene Asche, sehr ansehnlich ist ihr Gehalt an Magnetit, der stellenweise bis 45 % beträgt. Die Verbreitung des Aschenregens umfaßt ein

---

[1]) Naturk. Tijdsschrift voor Ned. Indië 1902. 62. p. 162. Vgl. Naturw. Rundschau 1903. p. 385.

elliptisches Gebiet, dessen Längsachse ungefähr N 75° W verläuft und ungefähr 750 *km* lang ist, und dessen Größe etwa 115065 *qkm* beträgt. In der dem Vulkane nächsten Zone ward ein Gebiet von 75 *qkm* 2 *m* hoch durch die Asche bedeckt; etwa 150 *qkm* zeigten eine Aschenhöhe von 0.5 *m*, 247.5 *qkm* eine solche von 0.05 *m*, 2497.5 *qkm* eine von 0.02 *m* und das übrige Gebiet eine von 0.001 *m*. Unter den zahlreichen gemeldeten Erderschütterungen, die in jedem Monate auftraten, sind keine von größerer Tragweite gewesen.

Ausbruch eines Inselvulkanes im Golfe von Tomini. Die große ostindische Insel Celebes läuft nordostwärts in zwei schmale Lappen oder Finger aus, welche den Meerbusen von Tomini (oder Gorontalo) umschließen. Dieser Meerbusen zerfällt in zwei annähernd kreisförmige Becken, welche durch die Togean- oder Schildpadinseln gegeneinander abgegrenzt sind. Die Anzahl dieser Inseln beträgt etwa 30, und die größten davon heißen: Togean, Binang-Unang, Masapi, Lebiti, Batudata, Malingi, Walea kiki und Walea daä. Die Gebrüder P. und F. Sarasin, welche Celebes Mitte der 90er Jahre besuchten, sagen über die Togeaninseln: »Dieselben sind nach den Angaben verschiedener Berichterstatter vulkanischer Natur, und die Gestalt der Hügel spricht in der Tat dafür. Wenn man von Westen her nach der Togeangruppe schaut, erblickt man ein ausgedehntes flaches Land, vermutlich eine Korallenbildung, über welches östlich in der Ferne Hügel emporragen, die sehr wohl als Vulkanruinen angesehen werden können. Una Una oder Binang Unang gleicht einem umgekehrten Teller, dessen Mitte zerrissene Felsen, wohl Reste eines Vulkanes, einnehmen.«

Dieser Vulkan ist nun in den letzten Jahren zu großer Tätigkeit erwacht, und Arthur Wichmann (Utrecht) hat jetzt alles darüber bekannt gewordene Material gesammelt und veröffentlicht.[1]) Hiernach begann die Tätigkeit am 10. April 1898 durch Erdstöße auf Una Una, welche 24 Stunden andauerten und ab und zu von heftigen Detonationen begleitet waren, deren Ursprungsort nicht ermittelt werden konnte. Auch an den nächsten Tagen dauerten diese Erdstöße fort. In der Nacht des 2. Mai gegen 1 Uhr sah man eine gewaltige schwarze Rauchsäule unbeweglich über der Insel stehen. Am folgenden Tage suchte infolgedessen ein Dampfer die Insel anzulaufen, vermochte aber nicht, Anker zu werfen, da Aschen und Steine unter heftigen Detonationen ausgeworfen wurden. Auf See wurden einige Prauen mit flüchtenden Bewohnern angetroffen. Während der Weiterfahrt nach Parigi herrschte ein starker Aschenregen, so daß die Sonne unsichtbar blieb. Als man 8 Tage später nach Una Una zurückkehrte und dort vor Anker ging, befand sich zwar der Vulkan noch in Tätigkeit, doch rieselten nur noch geringe Aschenmengen hernieder. Zu

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft **54.** p. 144 ff.

Gorontalo hörte man am Abende des 11. Mai gegen $10^1/_2$ Uhr 2 Schüsse, die von einem Erzittern der Luft begleitet waren. Es ist unbekannt geblieben, ob dieselben mit einem erneuten Ausbruche im Zusammenhange standen. Gewiß ist aber, daß ein solcher in der 1. Hälfte des Juni erfolgte, denn am Morgen des 14. Juni wurde in der Palosbai (Bai von Palu), an der Westküste von Celebes, ein Aschenregen beobachtet. Derselbe war aus dem Nordosten, einer dichten Nebelwand gleichend, allmählich herangerückt. Infolge des später sich auftuenden Seewindes wurden die Aschenmassen wieder zurückgetrieben. Am frühen Morgen des 16. Juni wiederholte sich zu Dongala an der Palosbai dasselbe Schauspiel. Am 20. Juni, um $1^3/_4$ Uhr nachts, hörte man an demselben Orte dreimaliges Getöse, dem Donner schwerer Geschütze gleichend. Zwischen der 1. und 2. Detonation trat eine Pause von 20 Sekunden ein, während die zweite und dritte unmittelbar aufeinander folgten. Zu derselben Zeit wurde zu Gorontalo ein Erdstoß bemerkt. Augenscheinlich stehen diese Ereignisse mit der Tätigkeit des Vulkanes in Verbindung, doch fehlen nähere Angaben. Dagegen wird aus Samarinda im Reiche Kutei, an der Ostküste von Borneo, gemeldet, daß am Morgen des 27. Juni sämtliche Pflanzen und Häuser mit einer dünnen Aschenschicht bedeckt erschienen.

In der Nacht vom 28. zum 29. Juli wurde zu Dongala ein nur wenige Sekunden währendes Erdbeben, in der Richtung O—W, beobachtet. An den Tagen des 1., 5. und 7. August gingen zu Dongala ziemlich heftige, aus NO kommende Aschenregen nieder, die von den Seewinden später wieder zurückgetrieben wurden.

Als der Dampfer »Reael« am 8. August sich in der Nähe der Palosbai befand, wurde derselbe des Morgens um 8 Uhr von einem Aschenschauer überrascht, der bald darauf in einen Schlammregen überging. Es herrschte Dunkelheit und zugleich hoher Seegang. Der Regen hielt während der nach Süden gerichteten Fahrt noch bis 11 Uhr des Vormittags an. Auf Deck, sowie auf den Masten hatten die Aschen- und Schlammmassen eine Dicke von $^1/_2$ Fuß erreicht.

Einen Tag später befand sich das Schiff »Sri Borneo« unter 2^0 5′ westl. Br. und 118^0 52′ östl. L., als es in den Aschenregen geriet, der bis zum Morgen des 9. August anhielt. Bei der Ankunft in Dongala vernahm der Kapitän, daß der Ort jene Tage 4 Stunden lang in Finsternis gehüllt gewesen sei, sowie daß der zeitweilig von Schlamm- und Gewitterregen begleitete Aschenfall 2 Tage — einige Ruhepausen abgerechnet — gewährt hatte. Als die »Sri Borneo« um 4 Uhr nachmittags die Reede verließ, fielen noch immer Aschenmassen hernieder und begleiteten den Dampfer auch auf seiner Fahrt nach Kutei an der Küste von Borneo. Bei der Ankunft in Samarinda waren die Bäume mit feiner Asche bedeckt, während das Schiff aussah, als sei dasselbe einem Schneesturme ausgesetzt gewesen.

Zu Buntok, Abteilung Dussunlande der Süd- und Ostabteilung von Borneo, begann der Aschenregen am 16. August gegen Abend und hörte erst an dem darauffolgenden Morgen auf.

Zu Muwara Teweh, ebenfalls in den Dussunlanden gelegen, wiederholte sich ein Aschenregen am Morgen des 30. August.

In einem Briefe an A. Wichmann aus Posso d. d. 1. September heißt es: »Die letzten Nachrichten aus Una Una lauten dahin, daß der Berg noch fortwährend aus Kraleröffnungen raucht. Wir haben hier keinerlei Unannehmlichkeiten davon, da die Aschen infolge der herrschenden Ostwinde nach Parigi und Sausu getragen werden. Das Eiland ist von seinen Bewohnern gänzlich geräumt worden, sämtliche Süßwasserquellen sind versiegt und die ausgedehnten Anpflanzungen von Kokospalmen vernichtet worden. Ein Stück Land, wie ich glaube im nordwestlichen Teile, ist in das Meer gesunken.« Endlich heißt es in einem undatierten Berichte, augenscheinlich aus dem Anfang des Oktober, daß die vulkanische Tätigkeit auf der Insel noch fortdauere. Zwar erfolgten keine Aschenregen mehr, aber unausgesetzt fänden Erderschütterungen statt.

Im Juni des Jahres 1899 besuchte der Kontrolleur von Posso, Herr F. Dumas, die Insel. Seinem von einem Kärtchen begleiteten Berichte entnimmt A. Wichmann folgendes: »Vor dem Ausbruche, ergoß sich in die an der Nordostseite befindliche Bai, wo die Schiffe vor Anker gehen, ein Bach, dessen Bett kaum 1 Faden breit war, und dessen Wasser eine Tiefe von nur 1—$1^1/_2$ Fuß besaß. An Stelle desselben hat sich nunmehr ein Flußbett von ansehnlicher Breite gebildet, das sich vom Strande aus in südwestlicher Richtung verfolgen läßt. Dasselbe ist erfüllt von feuchten dunkelgrauen Sanden, auf welchen zahlreiche Brocken eines ausgeglühten Sandsteines (sic!) von derselben Farbe und außerdem vereinzelte Fragmente eines roten Sandsteines zerstreut umherliegen. Bei der Wanderung längs des Flußbettes wird man überrascht durch den Anblick der ihrer Rinde und Zweige beraubten Bäume. Viele Stämme sind zu Boden geworfen und zerbrochen; dabei liegen sie an vielen Stellen, Holzscheiten gleich, um Ufer des Flusses aufgeschichtet. Es hat den Anschein, als ob infolge der Gewalt des Stromes Felswände abgestürzt und die früher die Abhänge bedeckenden Bäume gegen das Ufer geschleudert worden seien. In allen höher gelegenen Teilen ist die Pflanzenwelt einer vollständigen Vernichtung anheimgefallen, wie dies auch vom Meere aus deutlich zu beobachten ist. Die Strauchgewächse, welche hier und da zwischen den stehengebliebenen Baumstämmen angetroffen werden, können erst nach dem Ausbruche zur Entwicklung gelangt sein. Als eine sehr eigentümliche und zugleich charakteristische Erscheinung ist es zu bezeichnen, daß die in der Nähe des Strandes befindlichen Kokospalmen erhalten geblieben sind. Wohl hängen die untern Blätter traurig herab, und sind die Nüsse außerordentlich klein geraten, vernichtet aber ist kein Baum.

Den Mitteilungen der Eingeborenen zufolge kommen von Zeit zu Zeit noch Erdbeben vor, und finden auch noch Schlammergüsse statt, die sich durch ein unterirdisches Rollen ankündigen. Diesen Ausbrüchen geht außerdem Rauchentwicklung am Berge vorher. Der größte Teil der nach Togian geflüchteten Bevölkerung ist wieder zurückgekehrt, doch hat dieselbe viel von Unterleibskrankheiten zu leiden, deren Ursache auf die schlechte Beschaffenheit des Trinkwassers zurückgeführt wird. Sowohl das Wasser der warmen, als das der kalten Quellen besitzt einen schwach alkalischen Geschmack.

A. Wichmann teilt ferner noch einige Bemerkungen mit über einen flüchtigen Besuch, den ein Bergingenieur (M. Koperberg) im September 1900 der Insel abgestattet hat. »Die Tätigkeit beschränkt sich seit dem Ausbruche von 1898 auf das Aushauchen von Dämpfen durch den Kegel, der sich damals in dem gegenwärtigen Krater gebildet hat, während aus dem Kraterboden an einer einzigen Stelle periodisch Dampf unter Getöse ausgestoßen wird. Die jüngste Eruption hat ausschließlich Sand und Asche geliefert, und dasselbe scheint auch, nach den noch vorhandenen Überbleibseln älterer Ränder zu urteilen, mit frühern Ausbrüchen der Fall gewesen zu sein. Festes Eruptivgestein scheint sich lediglich an der Zusammensetzung des ältesten Kraterrandes, der an der betretenen Südseite des Kegels sichtbar ist, zu beteiligen.«

Aus allem schließt Wichmann, daß dem Ausbruche auf Una Una von unterirdischem Getöse begleitete Erschütterungen vorhergingen, welche die Mehrzahl der Bewohner bereits veranlaßten, das Weite zu suchen. In der Nacht des 1. zum 2. Mai 1898 erfolgte der erste und augenscheinlich heftigste Ausbruch, dessen Gewalt sich innerhalb dreier Tage erschöpft hatte. Ferner stehe fest, daß in den Nächten des 13.—14., 15.—16. und 19.—20. Juni die Eruptionen sich wiederholten. Die bei der letzten Gelegenheit herausgeschleuderten Aschen erreichten in der Nacht des 26.—27. Juni die Ostküste von Borneo. Erneute Ausbrüche hätten sodann noch in den Tagen des 1., 5. und 7. August stattgefunden, wobei die Aschen abermals nach Borneo, und zwar weit in das Innere hinein (Buntok, Muwara Teweh) getragen wurden. An dem letztgenannten Orte wurde sogar noch am 30. August Asche bemerkt, so daß der Vulkan auch noch in der 2. Hälfte des August eine lebhaftere Tätigkeit entfaltet haben muß. Damit scheinen aber die eigentlichen Explosionen ihr Ende erreicht zu haben, wenngleich der Vulkan noch bis in den Oktober hinein geraucht hat, und auch Erschütterungen des Bodens bemerkt wurden. Die letztgenannten Erscheinungen hatten im Lauf des Jahres 1899 noch nicht aufgehört, wie denn auch von Zeit zu Zeit Schlammergüsse stattfanden.

Wichmann macht besonders auf die Verbreitung der Aschen aufmerksam und erläutert dieselben durch ein Kärtchen. Hiernach dehnte sich der Aschenfall westwärts über die Makassarstraße nach dem

östlichen Borneo hinaus über 800 *km* weit über ein Gebiet von 303 000 *qkm*. Wichmann bemerkt, daß gemäß der Beschaffenheit der Asche diese nicht als Zerstäubungsprodukt eines flüssigen Magmas angesehen werden könne, da Scherben und Splitterchen eines reinen Glases völlig fehlen, auch sei das vollständige Fehlen von Gaseinschlüssen bemerkenswert. »Bei Vulkanen«, sagt er, »die sich seit langer Zeit in einem Zustande solfatarer Tätigkeit befinden — und nur diese — lassen eine tief bis ins Mark des Berges eindringende chemische und damit im Zusammenhange stehende mechanische Zersetzung erkennen. Erfolgt nunmehr eine Explosion, ohne von flüssiger Lava begleitet zu sein, wie dies gegenwärtig bei weitaus den meisten tätigen Vulkanen des Indischen Archipels der Fall ist, so wird das durch und durch morsche Material in Gestalt von Aschen, Sanden und größern Gesteinsfragmenten auseinander gesprengt.«

Einen Zusammenhang des Vulkanes von Una Una mit andern in benachbarten Gebieten auftretenden Vulkanen hält Wichmann für unwahrscheinlich. Nach seiner Ansicht hat man es mit einem für sich allein stehenden Vorkommen zu tun, und zwar habe der Vulkan von Una Una sich inmitten des Tominibusens aufgebaut, in ähnlicher Weise, wie dies mit dem in der Bandasee isoliert sich erhebenden Gunung Api der Fall ist.

Die tätigen Vulkane auf den Philippinen. In dem großen von Jesuitenpatres herausgegebenen Werke El Archipiélago filipino[1]) wurden u. a. auch tätige und erloschene Vulkane dieser Inselgruppen aufgezählt.

Von den erstern folgende:

Vulkan	Höhe *m*	Insel	Provinz
1. Mayon oder Albay	2734	Luzón	Albay
2. Taál	320	"	Batangas
3. Bacón oder Pocdol	1400	"	Albay
4. Bulusan	?	"	"
5. Babuyan	?	Babuyan	Archipel d. Babuyanen
6. Camiguín de Babuyanes	786	Camiguín	" " "
7. Didica	60	Didica	" " "
8. Canalaón od. Malaspina	1400	Negros	Grenze von Negros Oriental u. Occidental
9. Camiguín del Sur	340	Camiguín	Misámis
10. Macaraturín	?	Mindanao	Cottabató
11. Apó	3300	"	Dávao

Der vulkanische Ausbruch auf Sawaji. Im November 1902 haben auf dieser zur deutschen Samoagruppe gehörigen Insel vulkanische Erscheinungen stattgefunden. Dieselben waren indessen nicht be-

[1]) 2 Vol. Washington 1900.

deutend. Ein wissenschaftliches Gutachten des Geologen Dr. Paul Großer, der um die Zeit des Ausbruches in der Nähe der Insel verweilte, besagt im wesentlichen folgendes:[1] »Die der Durchsichtigkeit nach verhältnismäßig kleine Menge des aus dem tätigen Vulkane aufsteigenden Rauches, seine, von fern gesehen, fast weiße Farbe und daher geringe Beladung mit festen (Aschen-) Bestandteilen, sowie Dr. Tetens Mitteilungen von den geförderten Erzeugnissen lassen die Phänomene als unbedeutend bezeichnen.

Schon dem Auge des gebildeten Laien entgeht es nicht, daß Sawaji eine jüngere geologische Geschichte besitzt als Upolu. Seine noch von wenig Humus bedeckten Laven und unzähligen wohlerhaltenen Sekundärkegelchen, im höchsten Maße aber das »Mu«, der von den Atmosphärilien noch fast unzersetzte Lavastrom, welcher am Nordgehänge der Insel herabfloß und sich an der Küste weit ausbreitete, lassen die Oberflächenformen als geologisch ganz jugendliche erkennen. Aber selbst am Maßstabe der gegenüber der Erdgeschichte verschwindend kleinen Geschichte der Menschheit gemessen, muß das letzte Auftreten vulkanischer Erscheinungen, der Erguß des »Mu«, in nicht allzu ferne Zeit zurückgelegt werden, so daß wahrscheinlich die Jahrhunderte ihres Alters an den Fingern einer Hand abgezählt werden können.

So nimmt es nicht wunder, daß gerade Sawaji der Schauplatz neuer vulkanischer Reaktionen ist. Wie bekannt, traten dieselben ohne Verderben bringende Vorboten auf — gegenüber dem in der Regel beobachteten Verhalten nach jahrhundertelangem Schlummer wiedererwachender Vulkankräfte eine durchaus auffallende Erscheinung. Sie drängt den Schluß auf, daß der Vulkanismus keinen großen Widerstand zu überwinden hatte, um seinen Zweck, nämlich die Ausstoßung vom feuerflüssigen Magma und von Dämpfen, zu erreichen. Vielleicht ist dies ein gutes Vorzeichen für den Verlauf des derzeitigen Ausbruches, weil es der begründeten Hoffnung Raum gibt, daß die vulkanischen Kräfte in aller Ruhe sich ausgeben und nicht durch gewaltige Erderschütterungen oder aus solchen hervorgehende Flutwellen Verderben bringen werden. Auch die zentrale Lage des Feuerherdes mitten in den Bergen gebietet eine durchaus ruhige Auffassung der Lage.

Das viel größere Alter des Antlitzes von Upolu deutet auf ganz getrennte Herde der beiden Inseln, und die Erfahrungen auf dem Gebiete der Vulkanologie lassen es als ausgeschlossen erscheinen, daß auch hier neues Leben unterirdischer Mächte erregt wird.«

Die Eruption des Vulkanes auf Toroshima in Japan im August 1902.[2] Diese Insel, auch Ponafidin genannt, liegt zwischen Hondo und den Bonininseln. Sie ist 2.4 *km* lang, + 1.8 *km* breit und

---

[1]) Gaea 1903 p. 186.

[2]) Umlauft, Dtsch. Rundschau f. Geographie 1903. 25. p. 349.

wurde von etwa 125 Leuten bewohnt, die sich mit dem Fange von Albatrossen beschäftigen. Geologisch betrachtet ist sie ein Stratovulkan, welcher aus Pyroxenandesit und dessen Agglomeraten aufgebaut ist. Der Berg besteht aus 2 Teilen, dem zentralen Eruptionskegel und der äußern Somma. Zwischen beiden ist das Atrium, ein ringartiges flaches Stück Land, etwa 250 *m* über dem Meere, auf welchem eine Eisenbahn für den Transport der Vögel angelegt worden war. Der zentrale Kegel, 352 *m* hoch, welcher den Namen Komochiyama führt, war durch die Eruption zum größern Teile zerstört worden. Die Somma wird in 2 Teile getrennt durch 2 Barrancos, von welchen der eine vom Atrium nach Norden, der andere nach Süden verläuft. Der Teil westlich von den Barrancos ist 340 *m* hoch und heißt Tsukimiyama, der östliche Teil, 300 *m* hoch, heißt Asahiyama. Auf dem zentralen Kegel lagen zwei alte Krater, die noch nebeneinander existieren, der eine nördlich vom andern. Der nördliche heißt Naka-no-kubo (d. i. mittlere Depression), der südliche Minamikubo (d. i. südliche Depression). Beide haben einen Durchmesser von ca. 150 *m* und sind beiläufig 30 *m* tief. Im Norden von diesen Kratern liegt noch ein Krater, der Kitano-kubo (d. i. nördliche Einsenkung) gerade auf der äußern Grenze des Atriums. Er ist von derselben Größe wie die beiden andern. Ein 4. Krater liegt südlich vom Komochiyama an einer Stelle, die etwas niedriger als das Atrium ist. Er führt den Namen Buta-no-kubo (d. i. Schweinssenkung) und ist kleiner als die andern. In der Linie dieser 4 Krater lag die Bai von Chitose-ura, welche von einem steilen Abhange begrenzt wurde, dem früher eine Terrasse vorgelagert war. Diese Bucht wird als ein alter Krater angesehen. Am 10. August 1902 sah man von einem vorüberfahrenden Dampfer aus, daß von dieser Insel Rauch aufstieg, und das Meer von Asche getrübt war. 3 Tage früher war dergleichen nicht wahrgenommen worden. Am 16. August hatte sich der Anblick der Insel sehr verändert; der zentrale Kegel war verschwunden, und an seiner Stelle hatte sich ein weiter Krater geöffnet, aus dem dichte Rauchmassen aufstiegen. Die Oberfläche des Eilandes, welche vorher von Pflanzen begrünt war, war nun größtenteils in ein Aschenfeld verwandelt. Überdies stieg eine Seemeile südwestlich von der Insel alle 12 bis 20 Minuten eine ca. 200 *m* hohe Wassersäule auf.

Eine vor Tagen abgesandte wissenschaftliche Kommission fand den Krater 500 *m* lang, 200 *m* breit und 80—100 *m* tief. Wasserdampf und schweflige Gase entströmten ihm. Ein 2. Krater hatte sich an der Küste an einer Stelle gebildet, welche Hyoryu-Sato genannt wird. Es ist dies ein tiefer, fingerartiger Einschnitt in die Küste, 100 *m* lang, 30 *m* breit und 20 Faden tief, begrenzt von einer senkrecht abfallenden, säulenförmigen, 50 *m* hohen Wand. An diesen Stellen strömen Schwefelgase mit solcher Gewalt aus, daß das Wasser fußhoch emporgeschleudert wird. Der Abhang hinter

Chitose-ura war abgerutscht und hatte das Dorf auf der Terrasse und einen Teil der Bucht bedeckt. So war eine Böschung von ca. 40° mit einer Höhe von 150 *m* entstanden, und an der Küste hatte sich eine halbmondförmige Sanddüne von 5—6 *m* Breite gebildet, die eine Fläche von 56 *qm* bedeckte. Auch an den Gipfeln des Tsukimiyama und Asahiyama hatten Erdrutschungen stattgefunden.

Auch Spalten waren durch die Eruption entstanden, am zahlreichsten bei Meiji-ura.

Der Auswurf beschränkte sich auf Steine und Asche. Am tiefsten, ca. 3 *cm*, lag die Asche bei Hyoryu-Sato und in der Umgebung. Die Steine, welche der neue Krater des Komochiyama ausgeschleudert hatte, erreichten 2—3 *m* im Durchmesser.

An Stelle der submarinen Eruption, welche am 16. August im Südwesten der Insel beobachtet worden war, waren nunmehr nur noch Exhalationen von schwefligen Gasen, welche vom Grunde des Meeres aufstiegen, zu beobachten. Von den Bewohnern der Insel, deren Zahl auf 125 angegeben wurde, war keine Spur mehr zu entdecken.

Der Vulkan Izalco ist im Dezember 1902 von Dr. K. Sapper besucht worden.[1]) Dieser Feuerberg hat im Jahre 1770 seinen Anfang genommen auf einer Viehweide am Südabhange des Vulkanes Lamatepec (oder S. Ana) durch Aschenauswürfe, die zuerst einen kleinen Hügel bildeten, der durch stetig fortdauernde Eruptionen und durch Aussenden von Lavaströmen allmählich zu einem stattlichen Berge von ungefähr 800 *m* relativer Höhe und 1880 *m* absoluter Höhe heranwuchs. Erst 1865 gönnte sich der Feuerberg ein wenig Ruhe, um 1868 abermals seine gewohnte Tätigkeit in zahlreichen kleinen Eruptionen aufzunehmen. Im Januar 1901 aber ruhte der ruhelose Berg, bis er im Mai 1902 wieder aktiv wurde.

»Grau und ernst«, sagt Sapper, »mit straffgezeichneten steilen Konturlinien steigt der vegetationslose Feuerberg inmitten der lachenden grünen Landschaft auf, und schon aus weiter Ferne erblickt man die warnenden Rauchwolken, während bei Nacht die wie ein Feuerregen niedersprühenden und am Berghange niedergleitenden glühenden Steine und Aschen ein Feuerwerk darstellen, wie es so schön und groß keine menschliche Kunst zu bereiten vermöchte. So herrlich dies Schauspiel schon aus der Ferne erscheint, so gewinnt es doch an eindringlicher Wirkung noch außerordentlich, sobald man es aus der Nähe betrachten kann. Das ist hier sehr leicht möglich, da kaum $1^1/_2$ *km* vom Ausbruchspunkte entfernt, in gleicher Höhe wie dieser, am Abhange des S. Anavulkanes eine kleine bewohnte Hütte sich findet, in der ich während der Tage meines Aufenthaltes Quartier bezog und in den Rastpausen zwischen den Exkursionen bei Tag und Nacht die prächtigen Ausbrüche mit aller Ruhe und

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 373.

Bequemlichkeit betrachtete. Die Ausbrüche erfolgen nicht mehr wie früher aus einem der 3 Gipfelkrater, sondern aus einer neuen Boca in einer Art Nische des Nordabhanges. Ein offenes Mundloch existiert nicht, sondern vor Beginn der Eruptionen beginnt gewöhnlich aus einer Anzahl stets neu sich bildender, radial angeordneter Spalten etwas Rauch auszuschwitzen, dann öffnet sich plötzlich eine größere Spalte oder sonstige Öffnung und stößt unter starkem Getöse einen Aschen- oder Dampfballen und zahlreiche große und kleine Steine aus, die im Bogen 100—200 *m* hoch über die ursprüngliche Wolke hinausfliegen, oft einen feinen Rauchstreifen nach sich ziehend und nach allen Richtungen hin sich verbreitend. Während diese Steine nun in langen Sprüngen den Berghang hinabsetzen oder sanft auf weicher Asche abwärts gleiten, breitet sich der Gas- und Aschenballen unter wirbelnder Bewegung nach der Seite und nach oben hin zu einer einheitlichen riesigen Wolke von beträchtlichen Dimensionen aus, die von den Winden entführt wird und nun ihren Gehalt an Asche zu Boden fallen läßt.

So schön diese kleinen Eruptionen schon bei Tage sind, so werden sie durch die nächtlichen Ausbrüche doch noch weit an Wirkung übertroffen. Man kann sich kaum etwas Schöneres denken als diese gewaltigen glühenden Blöcke, die Steine und Aschen, welche urplötzlich durch die Lüfte fliegen und springend und gleitend noch lange ihren Glutschein durch die finstere Nacht hinaussenden. Oft sind sie noch immer rotglühend, wenn eine neue Eruption beginnt, und das ganze Schauspiel, verstärkt oder abgeschwächt, sich wiederholt. Immer freilich behalten diese Eruptionen mehr oder weniger nas Anschen eines Feuerwerks, und man wird sich der Großartigkeit dud Gewalt der Eruptionen eigentlich erst bewußt, wenn man bis an den Fuß des Berges vordringt, die kanonenschußähnlichen Detonationen bei Beginn der Ausbrüche hört und die mächtigen Steine polternd und rauchend die Hänge niedersausen und erst in geringer Entfernung vom Beobachter zur Ruhe kommen sieht. Wenn man dieses Schauspiel einige Male aus der Nähe betrachtet hat und bemerkt, daß die Eruptionen eine etwas größere Heftigkeit zeigen, so zieht man sich doch nicht ungern wieder in etwas sicherere Entfernung zurück und begreift, daß dies Schauspiel doch nicht ganz so unschuldig ist, wie es in der Ferne schien.«

Die Vulkangebiete in Chile und Argentinien sind von Prof. R. Hauthal statistisch behandelt worden,[1]) wobei er sich vielfach auf eigens im Gebiete beider Länder gesammeltes Material stützte. Am Schlusse macht er auf 4 Punkte aufmerksam. Diese Punkte sind:

»1. Das Zurücktreten und plötzliche Fehlen von Vulkanbergen in der Kordillere des patagonischen Gebietes. Im nördlichen Teile dieses

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1908. p. 97.

Gebietes sind bisher nur 6 Einzelvulkane sicher nachgewiesen; die drei im mittlern Teile gelegenen sind sehr zweifelhaft, und im südlichen Teile fehlen Vulkane in der Kordillere ganz. Es ist auch nicht sehr wahrscheinlich, daß hier noch Vulkane entdeckt werden — gerade dieses Gebiet ist in den letzten Jahren gut durchforscht worden, und diese Erforschung hat ergeben, daß früher für Vulkane gehaltene Berge nicht Vulkane sind, sondern Lakkolithe, so der Fitzroy und der Paine (51° s. Br. 73° w. L.), deren granitische Natur Verf. nachgewiesen hat.

2. Der Umstand, daß eigentliche Vulkanberge („trigonometrische Eruptionssignale") fast ausschließlich in der Kordillere sich finden, Ausnahmen bilden nur 4 Gruppen und die Vulkanberge im südöstlichen Teile des patagonischen Gebietes.

Dagegen sind die großen Deckenergüsse ausschließlich außerhalb der Kordillere im patagonischen Tafellande, das zum größten Teile aus nahezu horizontal lagernden Sedimenten besteht.

3. Die Vulkane in der Kordillere sind in Reihen angeordnet, die oft unter sich parallel, in ihrer Richtung den Hauptleitlinien der andinen Tektonik entsprechen.

4. Am dichtestgedrängten und am massigsten entwickelt sind die Vulkane da, wo die Gebirge aus parallel verlaufenden N—S streichenden Faltenzügen bestehen, wie in der Puna de Atacama zwischen 22—27° S. Br. Hier tritt auch die geradlinig reihenweise Anordnung der Vulkane mit fortschreitender Kenntnis immer klarer hervor. Hier ist überhaupt das klassische Land des Vulkanismus, wo die vulkanischen Erscheinungen in einer solchen Großartigkeit und Mannigfaltigkeit auftreten, daß ihr genaues Studium viel, sehr viel zur Lösung der vulkanischen Probleme beitragen wird.«

Diese 4 Punkte enthalten für den Verf. eine Bestätigung der Ansicht derjenigen Forscher wie Fuchs, Credner, Reyer, Bergeat, Felix, Lenk, Volz, Branco und anderer, welche das Auftreten von Vulkanen mit der Tektonik der betreffenden Gegend in Zusammenhang bringen. Er neigt sich der Ansicht zu, daß dieser Satz vielleicht noch in dem Sinne erweitert werden könne, daß auch die Verschiedenheit der Formen, in welchen uns die vulkanische Tätigkeit auf der Erdoberfläche entgegentritt, in gewissen ursächlichen Beziehungen stehe zu den speziellen Strukturverhältnissen, dem besondern geologischen Aufbaue einer Gegend; wenigstens scheinen die vulkanischen Erscheinungen in Argentinien nach den bisherigen Beobachtungen darauf hinzuweisen.

Über die Vulkane des nordwestlichen Patagoniens macht Dr. H. Steffens auf Grund eigener Forschungen bemerkenswerte Mitteilungen.[1]) Bei der Fahrt durch die breite Fjordstraße des Moraledakanals und den Corcovadogolf fesselten die in ziemlich regelmäßigen

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. p. 167.

Abständen von etwa $^1/_2$ Breitengrad aus der Masse der küstennahen Kordilleren hervorragenden Vulkanberge den Blick. »Unvollkommene Beobachtung hat die lange Reihe dieser Vulkanberge als auf eine nordsüdlich verlaufende Kordillerenkette aufgesetzte Gebilde angesehen; ja man hat sogar von einer »vulkanischen Kette« gesprochen, welche der sogenannten »zentralen Hauptkette« der patagonischen Kordillere nach Westen vorgelagert sein und dieselbe in gewissen Breiten an absoluter Höhe übertreffen soll. Diese Auffassung ist indessen durchaus unbegründet. Schon während der Fahrt längs der Küste und durch die größern Meereseinschnitte wird es deutlich, daß weitaus die meisten Vulkanberge in gar keinem orographischen Zusammenhange untereinander, dagegen in engster Beziehung zu den meist südöstlich und in auffallendem Parallelismus streichenden Kordillerenzügen stehen, welche die Fjordsenken und ihre Inlandfortsetzungen begleiten. Besonders schön ließ sich dies mit Bezug auf den Macá vom Aisenfjord aus beobachten. Von irgend welcher Verknüpfung des Berges mit dem nächsten Vulkane der Reihe, dem Mentolat, ist gar keine Rede; die an ihrer engsten Stelle noch 4 *km* breite und über 100 *m* tiefe Fjordstraße des Puyuguapikanals unterbricht hier nach Norden zu den Zusammenhang ebenso scharf wie der Aisenfjord nach Süden zu. Dagegen erkennt man deutlich einen hohen Strang, der den Macá in östlicher Richtung mit dem gletscherreichen Massive des Mte. Cay verbindet und in derselben Richtung in Form einer wenig gescharteten Kette, mit kurzen spornartigen Ausläufen zum Aisenfjord und untern Aisentale, fortstreicht. Eine ähnliche Beobachtung konnten wir in etwa 43° 20′ südl. Br. betreffs des Yanteles machen, der sich als ein stark gegliederter, mehrgipfeliger vulkanischer Kegelberg darstellt. Von seinem nächsten nördlichen Nachbarn, dem Corcovado, durch die tiefe und breite Depression des untern Rio Corcovadotales getrennt, und nach Süden zu durch die gleichfalls tief einschneidenden Senken von Tictoc, Pichi-Palena und Rio Rodriguez aus jedem Zusammenhange mit dem in 44° aufragenden Vulkanberge Melimoyu herausgelöst, erscheint derselbe als der nach dem Meere vorgeschobene Eckpfeiler einer scharf ausgeprägten, südöstlich streichenden Schneekette, welche die vorerwähnte Talsenke des Rio Corcovado nach Süden zu abgrenzt. Ganz analog ist der in 41° 45′ gelegene Vulkanberg Yate als nordwestlicher Eckpfeiler der langen, mauerartig geschlossenen Schneekette anzusehen, welche der nahezu das ganze Gebirge durchsetzenden Depression des Puelotales parallel, in südöstlicher Richtung verläuft, während der Gedanke an einen kettenartigen Zusammenhang mit den Nachbarvulkanen Calbuco, Osorno usw. schon durch den Einschnitt des Reloncavífjords, ohne andere weniger ausgeprägte Quersenken zu erwähnen, unmöglich gemacht wird.

So läßt sich in der Tat eine auffallende Regelmäßigkeit in der räumlichen Anordnung der westpatagonischen Vulkanberge feststellen,

aber nicht in dem Sinne einer meridionalen kettenartigen Aneinanderreihung, sondern in bezug auf ihr parasitenhaftes Auftreten am Westabbruche mächtiger, aus kristallinischen Massengesteinen und Schiefern bestehender Kordillerenzüge. Übrigens scheinen sich bei vielen großen Vulkanbergen des mittlern Chile, beim Villarica, Llaima, Antuco, Chillan u. a., ganz ähnliche Beziehungen zum Hauptgerüste der Kordilleren nachweisen zu lassen.«

Vulkanische Aschenfälle im Nordatlantischen Ozean. Der deutschen Seewarte sind Berichte mit Proben über 2 Aschenfälle zugegangen, die offenbar mit den Ausbrüchen auf Martinique in Zusammenhang stehen. Der erste derselben fand über 500 Seemeilen weit nordöstlich von dieser Insel statt; die vulkanische Asche ist also gegen den Passat, offenbar durch eine obere südwestliche Luftströmung fortgetragen worden: a) Das deutsche Schiff »Kaiser«, auf der Reise von Bremen nach New-Orleans begriffen, befand sich im Mai im Nordostpassat und hatte den Kurs auf Sombrero-Island gesetzt. Am 20. Mai, in 19° 0′ nördl. Br. und 54° 11′ westl. L., zeigte sich um Sonnenuntergang ein Dunstschleier am Himmel, der jene eigenartige Färbung der Luft hervorbrachte, die als Anzeichen eines nahenden Orkans gilt. Ein solcher war um diese Jahreszeit völlig ausgeschlossen, und Wind und Barometer zeigten auch keine Veränderungen. Der Wolkenschleier nahm schnell an Dichtigkeit zu und senkte sich anscheinend tiefer und tiefer, bis er als feiner, anhaltender Aschenregen auf das Schiff fiel, alles mit einer leichten Staubschicht, starrem Rauhfrost ähnlich, überziehend. Der Wind war während der ganzen Zeit OSO, Stärke 3. Gegen 4 Uhr nachts war die Erscheinung vorbei, die Luft zeigte wieder das gewöhnliche Aussehen des Passats. b) Die Deutsche Bark »Capella« befand sich am 9. Juli unterwegs von Port of Spain nach Bremen, auf 14° 20′ nördl. Br., 62° 45′ westl. L., etwa 100 Seemeilen westlich von Martinique. als bei Sonnenuntergang, bei mäßiger Brise aus ONO, im Nordosten und Norden die Luft ein drohendes Aussehen annahm, und Blitze sich zeigten. »Seit 8½ Uhr große grelle Flächenblitze, bald hoch oben, bald tiefer in den untern Wolken. Kleine Segel fest, 9 Uhr Bö von ½stündiger Dauer, Stärke 6. Seit Mitternacht Blitzen mäßiger. Um 1 Uhr beginnt Asche zu fallen; die Luft ist so sehr damit angefüllt, daß man nicht gegen den Wind sehen kann. Die Leute auf Deck sehen aus wie Müllerknechte, Takelung wie beschneit. Von 5 Uhr vormittags ab fällt keine Asche mehr; vormittags häufige leichte Regenschauer.«[1])

[1]) Ann. d. Hydrographie 1903. Nr. 21.

Inseln.

Die Insel Grimsey, nördlich von Island, schilderte Th. Thoroddsen.[1]) Die Insel ist vom nächsten Lande etwa 40 *km* entfernt, 5 *km* lang und 2 *km* breit. Die ganze östliche Seite besteht aus steilen, 50—100 *m* hohen Vogelbergen ohne irgend welche Einschnitte, die von der Westküste durch eine Einsenkung getrennt werden, in der sich mehrere kleine Seen befinden. An der nur etwa 10—20 *m* hohen Westküste liegen die 10 Höfe der Insel. Diese besteht aus älterm Basalt, der hier und da von Schlacken und Lavabreccie unterbrochen wird; doch liegt sie außerhalb des vulkanischen Gürtels und ist vielleicht der Rest eines gesunkenen Teiles des Basaltrückens des Nordlandes. Auch die etwa 75 *km* im NNW von Grimsey gelegene Insel Kolbeinsey (Möwenklippe) scheint aus Basalt zu bestehen; sie steigt steil vom Meeresgrunde auf und ist etwa 16 *m* hoch. Der Pflanzenwuchs von Grimsey ist sehr dürftig und ausgesprochen polar; von strauchartigen Pflanzen gedeiht nur die Polarweide, die $^1/_2$— 1 Zoll hoch wird. Unter den überaus zahlreichen Seevögeln verdient besonders der Königsalk (Mergulus alle) Erwähnung, der sonst nirgends auf Island brütet. Die Vogelberge bilden die wichtigste Einnahmequelle der Bewohner, die auch Tausende von Eiern nach Nordisland ausführen. Die Fischerei wird in offenen Booten betrieben. Die Einwohnerzahl schwankte im 19. Jahrhunderte zwischen 46 (1855) und 96 (1880). Das Klima ist verhältnismäßig mild. Der Jahresdurchschnitt ist nach 21 jährigen Beobachtungen + 1.5° der August ist der wärmste Monat mit einer Mitteltemperatur von 6.9°, der März der kälteste mit einer solchen von — 4°. Die höchste Wärme, die beobachtet wurde, ist 26.2°, die größte Kälte — 30°, aber das sind bloße Ausnahmen. Frost wurde beobachtet an 191, Niederschläge an 143, Schnee an 56 Tagen. Die Niederschläge betragen 374 *mm*. Das Meer um Grimsey hat im Januar durchschnittlich 0°, im Juli 6—7°. Bei Westwind ist in der Regel trockenes Wetter, während der Ostwind Regen und Feuchtigkeit bringt (an 53 Tagen Nebel). Örtliche Winde sind am häufigsten (NO 18 %, SO 16 %), Südwinde am seltensten (4 %).

Die geographische Stellung der Azorengruppe behandelt Prof. R. Sieger.[2]) Diese Gruppe gehört zu den ozeanischen Inseln, die durch ihre Lage keinem Kontinente zugehören und nur aus Zweckmäßigkeitsgründen in die herkömmliche Einteilung nach Erdteilen eingestellt zu werden pflegen. Sie ist (nach E. Réclus) von dem nächsten Punkte des europäischen Festlandes 1380 *km*, von der nächsten Stelle des afrikanischen Kontinentes 1550 *km*, von Neufund-

---

[1]) Geogr. Tidsskrift 1901/02 Nr. 7 und 8, daraus in Globus 83. p. 162.
[2]) Mitteilgn. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1903. p. 190.

land — der nächstliegenden Küsteninsel Amerikas — 1800 *km* entfernt. Somit liegt sie am nächsten an Europa und überdies in der geographischen Breite Südeuropas, verdient somit den ältern Namen der »westlichen Inseln«. Andererseits aber stellt die Madeiragruppe und die Canarien eine nähere Verbindung durch Inselgruppen mit der Küste Afrikas her, während zwischen Europa und den Azoren solche Zwischenstationen fehlen. Von den Festlandssockeln der beiden Erdteile werden die Azoren durch tiefe Meeresbecken getrennt, ebenso auch von Amerika. Der »Atlas des Atlantischen Ozeans« der Deutschen Seewarte (1902) zeigt, daß sie einer Bodenschwelle des Atlantischen Ozeans angehören, die sich etwa in der Mitte zwischen der alten und der neuen Welt hinzieht und von beiden Seiten durch Tiefsee begrenzt ist. Das »Azorenplateau« ist auch gegenüber den Bodenschwellen von Madeira und den Canarien durchaus selbständig. Dagegen liegt es auf der erwähnten Schwelle gemeinsam mit St. Helena und Ascension, die ebenfalls ozeanische Inseln sind, aber herkömmlicherweise zu Afrika gerechnet werden.

Die Zugehörigkeit der Gruppe zu dem einen oder dem andern Erdteile geht somit nicht aus ihrer Lage bestimmt hervor, ebensowenig aus ihrer Beschaffenheit. Der geologische Bau der Inseln zeigt keinen deutlichen Zuhammenhang mit Europa und dem in seinem Gebirgsbaue europäischen Nordafrika (Kleinafrika), aber auch nicht mit den Tafelländern des eigentlichen Afrika. Es finden sich nur jungvulkanische Bildungen und etwas marines Miocän, durch welches das Alter dieser vulkanischen Bildungen ebenfalls als mittel- oder jungtertiär bestimmt wird. Alle Schlüsse, die man aus der Beschaffenheit der atlantischen Küsten über die einstige Verteilung von Wasser und Land (sowohl für die Kreidezeit wie für den Anfang des Tertiär) gezogen hat, schweben daher, soweit die Azoren in Frage kommen, ganz in der Luft. Durch ihre vulkanische Beschaffenheit werden sie mit afrikanischen Küsteninseln und dem afrikanischen Kontinente enger verknüpft, und die Auffassung von Sueß, daß diese und die andern sichtbaren vulkanischen Inseln nur einen Teil einer ausgedehnten vulkanischen Region unter dem Meere bilden, die noch in der Nähe des Äquators vermutet werden kann, käme hier in Betracht.

In klimatischer Beziehung gehören die Azoren zum mittelländischen Klima, welchem sowohl Südeuropa als auch Kleinafrika zugehört, und haben ein feuchtes Seeklima infolge ihrer ozeanischen Lage, aber ein extremeres Klima als Madeira. Die Tier- und Pflanzenwelt ist fast ganz europäisch. Doch mag dies zum großen Teile späterer Einwanderung zuzuschreiben sein, da die Inseln es Pflanzen verschiedener Gebiete leicht ermöglicht haben, sich zu akklimatisieren, und da von der Fauna bekannt ist, daß sie vor der europäischen Besetzung sehr arm an größern Tieren war. Tropische Pflanzen, die sich finden, kommen zum Teile auch in Südeuropa vor; speziell

afrikanische Formen fehlen nicht, sind aber wenig zahlreich und treten vor einer ziemlich großen Zahl solcher Formen zurück, die den Azoren eigentümlich sind. Der Reichtum an Wiesen, eine Folge des ausgesprochenen Seeklimas, unterscheidet das Landschaftsbild scharf von demjenigen der afrikanischen Steppenvegetation, die schon auf den Canarien beginnt.

Die heutige landwirtschaftliche Produktion verknüpft die Inseln eng mit dem südlichen Europa. Neben der Viehzucht spielen Südfrüchte — früher besonders Orangen, jetzt namentlich Ananas — die erste Rolle, und man kann die Hauptprodukte der Insel auf die Einbürgerung durch Europäer zurückführen. In anthropogeographischer Beziehung zeigen die Azoren überhaupt engern Zusammenhang mit Europa als mit Afrika, vor allem durch die rein weiße (portugiesische) Bevölkerung, und das ist wohl auch der Grund, weshalb die Portugiesen sie politisch-administrativ zum Mutterlande selbst, also zu Europa rechnen. Das gleiche ist übrigens auch mit Madeira und seitens der Spanier mit den Canarien der Fall. Diese administrative Zuteilung veranlaßt manche Handbücher, die Azoren zu Europa zu rechnen.

Die Gilbertinseln bildeten den Gegenstand einer meteorologischen Studie von M. Prager, der eine Übersicht über die Geographie und Bevölkerung dieser Inselgruppe beigegeben ist.[1]) Hiernach besteht diese Gruppe aus sechzehn mehr oder weniger ausgedehnten Atollen, die zwischen 3° 20′ nördl. Br., 2° 40′ südl. Br. und 172° 40′ östl. Lg. bis 177° 10′ östl. Lg. zerstreut sind. »Die Hauptrichtungslinie der ganzen Gruppe verläuft in nordwestlicher Richtung, welche auch bei der Lagerung fast aller Atolle die vorherrschende ist. Die Bezeichnung »Gilbertinseln« für die ganze Gruppe gab Krusenstern mit dem Unterschiede, daß er näher zusammenliegenden Atollen eine besondere Benennung erteilte, und zwar »Scarboroughinseln« für Makin und Butaritari, »Simpsoninseln« für Maraki, Apaiang, Tarawa, Maiana, Apamama, Aranuki und Kuria; südlich vom Äquator »Kingsmillinseln« für Nanuti, Tapetuwea, Peru, Nukenan, Onoatoa, Tamana und Arrorai. Der Name Kingsmill für die ganze Gruppe ist der bekannteste geblieben und gilt in der Südsee, namentlich für die Amerikaner, noch immer als der allgemein anerkannte. Die erste Entdeckung der Gilbertinseln, namentlich der mit dem Namen »Kingsmill« bezeichneten Atolle, wird Kapt. Byron im Juni 1765 zugeschrieben; 1788 sahen die Kapitäne Marshall und Gilbert mit den Schiffen »Scarborough« und »Charlotte« einen Teil der nördlich vom Äquator gelegenen Atolle. 10 Jahre später, 1799, berichtete Kapt. Bishop, Führer des »Nautilus«, daß er noch weitere Atolle entdeckt habe. Erst 1824 untersuchte Kapt. Duperré mit der Korvette »Coquille« die bis dahin bekannten Atolle näher, fand aber auch nicht alle auf, was später erst der amerikanischen

[1]) Ann. d. Hydrographie 1908. p. 393.

Entdeckungsexpedition unter Kapt. Hudson und Leutnant Knox mit den Schiffen »Peacock« und »Flyingfish« vorbehalten blieb. Das regste Interesse der verschiedenen Entdecker, namentlich von Duperré und Hudson, wandte sich jedoch mehr den größern Atollen zu, während die kleinern, besonders die südlich vom Äquator zwischen 2—3° südl. Br. gelegenen Inseln und Atolle, noch lange unbekannt blieben; nähere Angaben über diese liegen erst aus den Jahren 1850—1870 vor, als Ergebnis aus den Beschreibungen von Walfischfängern, die in dieser Gegend dem Fange des Spermwals bis zu dessen Verschwinden oblagen.

Auf eine vieltausendjährige Arbeit der winzigen Korallenpolypen ist der Aufbau aller Atolle zurückzuführen, die erst zum Abschlusse gelangt, wenn die gewaltigen Bauten zwischen Wind und Wasser hochgeführt sind. Die steilansteigenden Riffe liegen bei allen Atollen fast immer an der Wind- oder Wetterseite, während an der Lee- oder geschützten Seite, auf flacherm Meeresgrunde aufgebaut, sich ausgedehnte Korallenfelder befinden. Der unausgesetzte und zu Zeiten gewaltige Anprall der Merreswogen gegen ein hochgeführtes Korallenriff bedingt ein fortwährendes Abbröckeln kleiner und kleinster Korallenteilchen, deren Anhäufung schließlich zu einer Erhöhung über dem Meeresspiegel führt. Auch der Wind ist ein Mitarbeiter an dem Aufbaue einer solchen Inselwelt, indem er die zu Atomen zerstäubten Kalkteilchen hinwegführt und an den höchstgelegenen Punkten ablagert, selbst über weite Lagunen trägt, wo der feine Korallenstaub Erhöhungen auf über Wasser ragenden Riffen fest verbindet. Alle fast immer langgestreckten, dabei schmalen inselartigen Bodenerhöhungen finden sich denn auch an der Seite vor, wo Wind und Meereswogen die kalkartigen Gebilde der Korallenpolypen am ehesten anhäufen können.

Was die Bevölkerung der Gilbertinseln anbelangt, die noch auf einer niedrigen Kulturstufe steht, so ist es auffällig, daß im Gegensatze zu andern Gruppen, z. B. zu den Marshall- und zum Teile zu den Karolineninseln, hier eine große Menschenmasse auf verhältnismäßig engem Raume lebt. Erklärlich wird dies dadurch, daß die Bewohner der Gilbertinseln nicht durch die von den Weißen eingeführte Syphilis dem Untergange geweiht wurden. Kennt man den kriegerischen Sinn dieser Insulaner, so wird es verständlich, wie sie durch ihr feindliches Verhalten und durch ihre große Zahl namentlich die Walfischfänger, die so vielen andern Insulanern verhängnisvoll geworden sind, von ihren Gestaden ferngehalten haben. Aus diesem Grunde lernten sie den Weißen und seine Leidenschaften nicht so genau kennen, wie z. B. die Marshallinsulaner, die Bewohner der Insel Kusai u. a., die viel friedfertigern Sinnes gewesen sind und dadurch zu Schaden kamen. Glühende Rachsucht gegen den weißen Mann erfüllte deshalb auch nicht die Herzen der Bewohner der Gilbertinseln, was zur Rettung vieler Schiffbrüchiger wesentlich beitrug, die das Unglück

hatten, durch Verlust ihrer Schiffe den Händen der Eingeborenen wehrlos überantwortet zu werden. Wenn dennoch einzelne Schiffsbesatzungen gelegentlich vernichtet wurden, lag die Ursache in dem törichten Verhalten einzelner Mitglieder. Überall in der weiten Gruppe drängt sich dem Beobachter die Frage auf, wie es möglich ist, daß auf den mit sehr spärlichem Humus bedeckten Koralleninseln eine so überaus zahlreiche Menschenmenge ausreichend sich ernährt. Die Beantwortung dürfte damit zu geben sein, daß die Not die beste Lehrmeisterin gewesen ist; sie hat die Eingeborenen nicht nur zu äußerst geschickten Fischern, sondern auch in gewissem Sinne zu Ackerbauern gemacht, denn das Wachstum jeder Nährpflanze auf diesen Inseln, als Taro, Pandanus Kokospalmen usw., ist von der Sorgfalt abhängig, mit welcher die Frucht in den steinigen Korallenboden gebettet wird. Als Ersatz für die mangelnde Humuserde dienen zerkleinerte Wurzeln und Blätter, untermischt mit Erde, die oft weither mühsam herangeschafft wird.

Über die Marianen macht H. Seidelberg einige Bemerkungen.[1]) Diese Inseln liegen auf einer Spalte, die vom japanischen Boninarchipel in nordsüdlicher Richtung bis Yap und Palau deutlich zu verfolgen ist. Trotz ihres gemeinsamen Ursprunges zerfallen sie äußerlich in zwei scharfgetrennte Gruppen. Zur erstern, die man wegen ihrer Lage die südliche nennt, gehören Guam, Rota, Agiguan, Tinian, Saipan und Medinilla. Sie haben sämtlich nur mäßige Erhebungen und sind durchweg mit Madreporenkalk überkleidet, der vereinzelt von vulkanischen Kuppen durchbrochen wird und an den Außenflanken steil abgesetzte Terrassen bildet. Im Gegensatze zu ihnen besteht die nördliche Gruppe, die mit dem 16. Breitenkreise beginnt, rein aus vulkanischen Gesteinen. Ihre Gipfel steigen kegelförmig bis zu 500 und 800 *m* auf, sind mit Laven, Aschen und Schlacken bedeckt, und ihre Kratere befinden sich meistens in lebhafter Tätigkeit. Die Gruppe hat daher am häufigsten von Erdbeben zu leiden, obschon diese, wie die jüngsten Ereignisse lehren, auch auf den südlichen Inseln in verheerender Weise auftreten können.

An Flächenraum messen die Marianen 1140 *qkm*, wovon 200 *qkm* auf die nördliche und 940 *qkm* auf die südliche Reihe entfallen. Nun hat Guam allein 514 *qkm*, so daß für den deutschen Besitz insgesamt nur 626 *qkm* mit etwa 2200 Bewohnern übrig bleiben. Der Sitz unserer Verwaltung befindet sich in Saipan. Dieses ist etwas über 22 *km* lang, 11 *km* breit bei 60 *km* Umfang und einer Bodenfläche von 185 *qkm*. Das Gelände ist schwach gehügelt mit kaum 150 *m* Erhebung. Nur am Nordende ragt der abgestumpfte, erloschene Vulkankegel Tapochao bis 400 *m* empor. Die Westseite ist namentlich zum Strande hin flach und sandig und eignet sich deshalb sehr

---

[1]) Deutsche Kolonialzeitung 1908. Januar 1.

gut zur Anpflanzung von Kokospalmen. Im Süden herrscht Weideland vor, während der Norden ausgedehnte Waldbestände trägt, die auf gutem, fruchtbarem Erdreiche wurzeln.

Die Bevölkerung setzt sich überwiegend aus Nachkommen (allerdings nicht reinblütigen) der alten Chamorro und aus eingeführten Karoliniern zusammen. Von den erstern zählt man etwa 700, von den letztern 500 Seelen. Eine Vermischung beider Elemente findet anscheinend nicht statt, wäre aber im Interesse der zwar geistig regsamen, aber körperlich minderwertigen Chamorro dringend zu wünschen. Die Sprache dieser Leute, ein mit dem Malayischen verwandtes Idiom, wird allgemein verstanden und angewandt. Sie ist daher auf Anordnung der Deutschen dem Volksschulunterrichte zugrunde gelegt.

Saipan hat nur zwei größere Siedelungen, nämlich Tanápag und Gárpan. Der Hafen ist in Tanápag. Er wird durch ein Riff und eine vorgelagerte kleine Insel gebildet, ist geräumig und ohne Untiefen und hat ausreichenden Schutz gegen die vorherrschenden Ostwinde.

Die Insel Ponapé der Karolinengruppe schildert Kapitän M. Prager.[1]) Sie ist wohl die größte Insel dieser Gruppe. Etwa zwölf kleine Inseln liegen an der Nord- und Ostseite verteilt; gänzlich von der Hauptinsel abgesondert und voneinander noch durch tiefe Riffpassagen getrennt. Dazu das gewaltige Riff, das gleich einem Schutzwalle meerwärts diese Inseln, sowie auch die ganze Hauptinsel gleich einem Kranze umschließt, auf dem wiederum wohl an zwanzig kleine Inseln verteilt liegen, deren langgestreckte, verhältnismäßig schmale Formation von Busch besetzt und von hohen, zahlreichen Bäumen gekrönt wird, so daß von der See aus gesehen die Ufer der Hauptinsel vielfach verdeckt bleiben.

Die Höhe dieser Koralleninseln, die namentlich von der Ostseite nach Süden herum verteilt sind, ist nicht sehr verschieden, was besonders bei der höchsten Flut bemerkbar wird; denn dann erheben sie sich nur einige Fuß über die Wasserfläche, und die am Korallenriffe brechenden Wogen des Ozeans bespülen die äußersten Sträucher und Stämme der schlanken Kokospalmen..

Gleich allen niedrigen Koralleninseln ragt auch das Ponapé umgebende Riff steil aus großer Tiefe auf; 400—500 *m* von diesem entfernt findet das Lot selten noch Grund; höchstens strecken sich einzelne Spitzen etwas weiter hinaus, doch so steil, daß nirgendwo Raum für ein darauf Ankergrund suchendes Schiff vorhanden ist. Innerhalb dieses Riffkranzes aber, der im Durchschnitte eine halbe deutsche Meile von der Insel entfernt sich erhebt und sozusagen überall, wo eine Durchfahrt im Riffe gefunden wird, zu Ankergrund und gesicherten Häfen führt, erheben sich von tiefem Grunde herauf,

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie 1903. 25. p. 503.

oft von 80—100 *m*, ungezählte große und kleine Korallenblöcke, zwischen denen hindurch gewundene, tiefe Fahrstraßen führen.

Die ganze Insel ist ein gewaltiger, zerklüfteter Steinbau aus Basaltgebilden; die einzelnen Höhenzüge fallen sehr steil, oft senkrecht ab, was auch die Ursache ist, daß heute noch das Innere von keinem Europäer und auch von keinem Eingeborenen ganz durchforscht worden ist.

Der höchste Berg ist der Monte Santo, 892 *m* hoch, fast in der Mitte der Insel gelegen, dem sich weniger hohe, jedoch immer noch beträchtliche Bergmassen angliedern. Eine zusammenhängende Bergkette erstreckt sich von dem Uu- bis zum Wannadistrikte und von dort westwärts nach Paleka im Jokoitsdistrikte im Norden der Insel. Die Bekränzung dieser Bergkette besteht aus stufenartigen Abhängen, die teils zum Meere abfallen, teils zu weiten, von steilen Bergwänden eingefaßten, gewundenen Tälern führen. Der östliche Teil dieses in einer Kurve auslaufenden Höhenzuges, der etwas schmäler erscheint als die übrige Bergmasse, ist beinahe ebenso steil, wie der in der Richtung Nord-Süd verlaufende; namentlich im Uudistrikte ragen vereinzelte Bergkegel gleich nahezu senkrechten Pyramiden auf.

Überhaupt ist das ganze Berggefüge eine zerklüftete, viel durchbrochene Gesteinmasse, besät mit Trümmern und säulenartigen Steingebilden. Entkleidet der überreichen Vegetation und des fruchtbaren Erdbodens, müßten diese Bergmassen wie ein über- und durcheinander geworfenes Lavafeld dem Auge erscheinen, was es in der Tat auch einst gewesen ist.

Zwischen dem Haupthöhenzuge und den vorgelagerten Nebenhügeln befinden sich zwei breite, über eine Meile weite und $1^1/_2$ bis 2 Meilen lange Täler, zugängig von der Nordostseite, dem Metalanimhafen. Neben diesen aber sind noch eine ganze Anzahl kleinerer Einsenkungen, zwischen hohen, steilen Bergkuppen gelagert, vorhanden, von denen aus man den gewaltigen Aufbau dieser Felsmassen beurteilen und auch die Kraft fließender Wasser im Gesteine verfolgen kann, die sich hundertfältig oft in Kaskaden von den höchsten Bergspitzen herabstürzen. Naturgemäß müssen diese Wassermassen, die bei jedem starken Regenfalle gleich einer Hochflut anschwellen, einem Sammelbecken zufließen; das Geeignetste dazu ist das Metalanimtal, durch welches denn auch ein kurzer, aber oft reißender Fluß seine Wasser dem Meere zuwälzt. Auch durch das nach Norden sich öffnende Nuttal fließen die von den Höhen sich stürzenden Wasser ab; überhaupt, was Ponapé an nennenswerten Flüssen aufzuweisen hat, findet, mit Ausnahme eines nach Süden abfließenden Gewässers, den Ausweg zum Meere nach der Ostseite hin.

Eine ganz besondere Eigenschaft besitzen jedoch die kurzen, zuzeiten reißenden Flüsse und Bäche, nämlich die, daß die ungezählten Quellen, gespeist durch häufige Regenfälle, eine große Masse des auf

den Bergen lagernden Humus fortreißen und dem in der Tiefe zum Strome anwachsenden Flusse zuführen, der infolgedessen schwarze Humuserde und roten Laterit an seiner Mündung ablagert. Diese Ablagerungen erscheinen wie ein ausgedehntes flaches, mit Mangrovengebüsch und Wald bestandenes Vorland, durch das der Fluß sich eine nur schmale und meistens flache Rinne offen hält, und es bedarf meistens kleiner Kanus, um zu der eigentlichen Mündung des Flusses und bis zu den Bergen zu gelangen.

Zwei Jahreszeiten, eine Trocken- und eine Regenperiode, sind auch für Ponapé zu unterscheiden, und zwar gilt für erstere die Zeit von Dezember bis Ende Mai, sie richtet sich nach dem Einsetzen des Passatwindes. Die Regenzeit umfaßt die Monate Juni bis Ende November, in welcher häufiger westliche Winde auftreten. Eine strenge Unterscheidung dieser Perioden ist jedoch selten zutreffend; denn nicht nur setzt der Passatwind oftmals schon im November ein, sondern er erstreckt sich manchmal bis zum Juli hinaus, bleibt sogar unter Umständen der vorherrschende Wind während eines ganzen Jahres. Man kann also sagen, daß die Regenperiode unter Umständen eine nur kurze Dauer hat, mithin starke westliche Winde zu dieser Zeit nur seltener auftreten. Der Durchschnitt dreier Jahre ergibt, daß 110 klare, 149 Tage, an welchen Regenschauer fielen, 43 Regentage und 62 veränderliche zu verzeichnen gewesen. Während 3 Jahren wurde nur an 28 Tagen der Donner gehört und Blitzen nur achtmal gesehen.

Die Temperatur zeigt sehr geringe Änderungen, der Unterschied zwischen Morgen und Abend beträgt selten mehr als 5°, eine Tagestemperatur von + 26 bis 27° dürfte das richtige Maß der Luftwärme sein. Starke, selbst stürmische Winde treten nur in der Regenzeit auf, sind jedoch von kurzer Dauer; dagegen kann häufig dem Passatwinde die Bezeichnung »sehr stark« beigelegt werden, namentlich wenn er eingesetzt hat und für die Dauer der Wintermonate recht frisch weht. Obgleich Ponapé nur eine kleine Landmasse darstellt, kann man doch die Beobachtung machen, daß während des größten Teiles des Jahres nachts ein Landwind sich erhebt, dessen Einfluß bis auf eine deutsche Meile Entfernung von der Insel wahrgenommen werden kann. Das Aufsteigen der warmen Luft vom Lande hat denn auch zur Folge, daß während längerer oder kürzerer Dauer die Nächte auf der Insel fast windstill sind, eine merkbare Abkühlung der Tagestemperatur mithin nicht möglich wird. Orkane, Zyklone, überhaupt Wirbelstürme, treten fast nie auf.

Die Insel Nauru der Marshallgruppe schilderte Fr. Hernsheim in der Geographischen Gesellschaft zu Hamburg.[1]) Als im Jahre 1885 eine Abgrenzung der deutschen und englischen Interessen-

[1]) Referat i. d. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1908. p. 465, woraus ob der Text.

sphären in der Südsee vereinbart und durch die neubestimmte Demarkationslinie Nauru oder Pleasant-Island den deutschen Marshallinseln angegliedert wurde, war das Eiland eine der berüchtigtsten Inseln der Südsee. Die Bewohner, etwa 1500 Köpfe, lebten in steter Fehde, und die unter ihnen niedergelassenen weißen Händler waren meist von Walfischfängern entlaufene Matrosen oder gar entsprungene Sträflinge, welche auf mysteriöse Weise ihren Weg von Australien nach dieser entlegenen Insel gefunden hatten. In guten Jahren, d. h. wenn reichliche Regen gefallen waren, lieferten die Kokospalmen, welche das steinige Innere der Insel in einem breiten Gürtel umsäumen, etwa 150—200 Tonnen Kopra. Diese, von den Händlern im Tauschhandel erworben, wurden an die Schiffe verkauft, welche die Insel berührten. Freilich einen Hafen oder auch nur eine offene Rheede, auf welcher geankert werden könnte, besitzt Nauru nicht; die Schiffe müssen daher unter Segel bleiben und kreuzen, oft eine schwierige Aufgabe bei dem hier laufenden Strome von 3—4 Meilen in der Stunde und den nur leichten Brisen, die häufig ganz wegsterben. Die Tauschartikel dieses beschwerlichen Handels bildeten außer etwas Proviant, Eisenwaren und Tabak fast lediglich Waffen und Schnaps. Die Einfuhr der letzten beiden Artikel wurde mit Hissung der deutschen Flagge auf den Marshallinseln verboten, mußte also auch auf Nauru verhindert werden.

Was die Bodenkonfiguration Naurus betrifft, so haben wissenschaftliche Untersuchungen ein sehr interessantes Ergebnis gezeitigt. Mit Ausnahme des niedrigen, mit Kokospalmen bewachsenen Küstenstriches besteht das ganze steinige Innere der Insel aus einer Anhäufung hochgradiger Phosphate. Nach Ansicht eines dort hingesandten Mineningenieurs ist dieses Phosphat ursprünglich zweifellos von Vögeln hierher gebracht worden, welche die damals wohl unbewohnte Insel als Brutplatz benutzt haben werden, wie wir es heute noch in allerdings kleinerm Maßstabe auf andern Inseln der Südsee beobachten können. Das in dem Guano enthaltene lösliche Phosphat sickerte mit dem Regen auf den Korallenuntergrund, sättigte sich hier mit dem erforderlichen Kalke und bildete so das hier heute anstehende Phosphatgestein. Die zahlreichen, über die ganze Insel vorgenommenen Bohrungen haben bis zu einer Tiefe von 3—5 *m* überall das gleiche Material ergeben, und die dadurch nachgewiesenen Vorräte sind so gewaltig, daß ihr Abbau für mehrere Generationen ausreichen wird.

Was nun die Ausnutzung dieser Funde betrifft, so besaß eine englische Gesellschaft das Privileg bezüglich Ozean-Islands, während die Ausbeute etwaiger Funde auf den Marshallinseln eines der Privilegien bildet, welche seinerzeit der Jaluit-Gesellschaft verliehen worden sind. Wirtschaftliche Erwägungen und der Umstand, daß gewaltige Einrichtungen geschaffen werden müssen, um über Riff und Brandung hinweg Massenverladungen zu bewerkstelligen, haben nun

vor Jahresfrist zu einer Vereinigung der deutschen und englischen Interessen geführt, und beide Inseln werden nunmehr gemeinsam ausgebeutet. Diese Ausbeutung der Phosphatlager gefährdet die auf den Inseln vorhandenen Kokosbestände in keiner Weise, und die Eingeborenen beteiligen sich willig an den Arbeiten, welche ihnen einen guten Lohn eintragen.

Dammriffe und Atolle. Alex. Agassiz hat auf Grund der während eines Zeitraumes von 25 Jahren in Westindien, Australien, in dem tropischen Pacific und dem Indischen Ozeane angestellten Beobachtungen Folgerungen über die Bildungsweise der Korallenriffe abgeleitet, die von großer Bedeutung sind.[1]) Nach seiner Ansicht ist die Darwinsche Theorie der Entstehung der Koralleninseln nicht zutreffend. Agassiz gibt zunächst eine Beschreibung der verschiedenen Typen der Koralleninseln. Er beginnt mit den Dammriffen und bemerkt, daß diejenigen von Fiji, den Hawaiischen Inseln und Westindiens gewöhnlich vulkanische Inseln flankieren und von vulkanischen Gesteinen unterlagert sind. Die Dammriffe von Neukaledonien, Australien, Florida, Honduras und den Bahamas sind unterlagert von den Ausläufern der benachbarten Landmassen, welche als Inseln und Inselchen an dem äußersten Rande der Wallriffe enden. Einige der Dammriffe der Gesellschaftsinseln, von Fiji und der Karolinen lassen erkennen, daß die breiten und tiefen Lagunen, welche sie von der Landmasse trennen, durch Erosion aus einem breiten, flachen Saumriffe gebildet worden sind. Ringriffe, wie sie besonders die Sozietätsinseln charakterisieren, behalten zu ihren zentralen Inseln dieselbe Beziehung wie ein Dammriff zur angrenzenden Landmasse. Abnagung und submarine Erosion erklären vollkommen die Bildung der Plattformen, auf denen Korallenriffe und andere Kalksteinorganismen entweder Wall- oder Ringriffe bauen können, oder selbst Atolle, die sich auf einer vulkanischen Basis erheben, deren Zentralmasse verschwunden sein kann, wie in Fiji, den Sozietäts- und Karolineninseln.

Agassiz betrachtet dann den Typus der gehobenen Inseln, den der Paumotus, der Fiji, der Gilbertinseln und der Ladronen, von denen viele nur aus tertiären Kalksteinen zusammengesetzt sind, andere zum Teile aus Kalkstein bestehen, zum Teile vulkanischen Ursprunges sind. Man kann hiernach die Umwandlungen von einer gehobenen Insel, wie Niue oder Makatea der Paumotus, zu einer Insel wie Niau verfolgen, durch ein Stadium gleich Rangiroa zu dem der großen Mehrzahl der Atolle in den Paumotus. Die Riffebenen und Außenriffe, welche die gehobenen Inseln flankieren, behalten eigentümliche Beziehungen zu ihnen; sie sind teils die von Dammriffen und teils von Saumriffen. Man kann auch den Übergang der gehobenen

---

[1]) Proceedings Royal Society 1903. 71. p. 412.

Plateaus, wie Tonga, Guam und Inseln in Fiji, die teils vulkanisch, teils aus Kalkstein sind, in Atolle verfolgen, in denen nur ein kleines Inselchen oder eine größere Insel entweder aus Kalkstein oder vulkanischem Gesteine übrig geblieben ist, um ihren Ursprung anzudeuten. Atolle können auch auf dem entblößten Rande eines vulkanischen Kraters entstanden sein, so in Totoya oder Thombia in Fiji, sowie in einigen Vulkanen im Osten von Tonga. In der Ellice- und Marshallgruppe und den Line-Islands ist eine Anzahl von Atollen vorhanden, deren Liegendes nicht bekannt ist, und wo man nur die Bildung des Landsaumes des Atolles verfolgen kann, soweit sie von der Wirkung der Passate oder der Monsune bedingt ist, die beständig das durch bohrende Organismen aufbereitete oberflächliche Material forttreibt, welches dann den Damm bildet. Viele Atolle im Pacific sind nur flache Rinnen, die durch die hohen Sandbänke gebildet werden, welche um ein zentrales Gebiet aufgeworfen wurden.

Im ganzen Pacific, im Indischen Ozeane und Westindien findet man den positiven Beweis einer mäßigen rezenten Hebung der Korallenriffe, in den Buckeln, Zacken und unterminierten Massen von modernem oder tertiärem Kalksteine, die als Zeugen dessen zurückgeblieben sind. Die Existenz von marinen Gipfeln aus Kalkstein in den Lagunen der Atolle als Untiefen, Inseln oder Inselchen, zeigt den Umfang der lösenden Wirkung des Meeres auf die Landgebiete, die früher eine größere Ausdehnung hatten als gegenwärtig. Zeichen dieser Wirkung können überall zwischen den Korallenriffen erkannt werden. Atmosphärische Denudation spielt eine bedeutende Rolle bei der Verkleinerung der zu dem Niveau des Meeres gehobenen Kalksteininseln, indem sie dieselben mit Höhlen durchsetzte und ausgedehnte Senken bildete, die oft für gehobene Lagunen gehalten wurden.

Daß abgeschlossene Atolle existieren, kann man kaum behaupten; Niau in den Paumotus nähert sich solchen am meisten, aber seine seichte Lagune wird durch seinen porösen Saum vom Meere gespeist. Meerwasser kann auch bei Ebbe frei in eine Lagune über ausgedehnte, seichte Riffebenen eindringen, wo für ein Boot kein Durchgang ist. Die Landfläche eines Atolls ist verhältnismäßig klein, verglichen mit der der halbuntergetauchten Riffebenen. Dies ist besonders der Fall bei den Marshallinseln und den Malediven, in denen die Landflächen auf ein Minimum reduziert sind.

Das Maledivenplateau mit Tausenden von kleinen Atollen, Ringen oder Lagunenriffen, die aus einer zwischen 20 und 30 Faden wechselnden Tiefe aufsteigen, ist ein überwältigender Beweis dafür, daß Atolle von einem Plateau in passender Tiefe aufsteigen können, wie immer dasselbe gebildet, und was auch seine geologische Struktur sein mag. Auf dem Yukatanplateau bestehen ähnliche Verhältnisse bezüglich der Bildung von Atollen, nur in höchst beschränktem Maßstabe.

Die großen Regionen der Korallenriffe liegen innerhalb der Grenzen der Passate und Monsune und sind Erhebungsgebiete mit Ausnahme

der Ellice- und Marshallinseln und einiger der Line-Islands. Den Umfang der Erhebung zeigen die Terrassen der gehobenen Inseln unter den Paumotus, Fiji, Tonga, Ladronen, Gilbert und westindischen, oder die Reihen der Klippenhöhlungen, welche die Niveaus der Meereserosion andeuten.

In den Regionen, die Agassiz untersucht hat, ist das moderne Riffgestein von sehr mäßiger Dicke innerhalb der Tiefengrenzen, in denen die Riffbauer zu wachsen beginnen, und innerhalb welcher die Landsäume der Atolle oder der Dammriffe von mechanischen Einflüssen erreicht werden. Dies beeinflußt nicht die Existenz von solitären Tiefseekorallen oder ausgedehnter Felder von Oculina oder Lophohelia in großen Tiefen oder beeinträchtigt in irgend einer Weise die Bildung von dicken Schichten korallenführenden Kalksteines in den Perioden des Sinkens.

Die Marquesas, Galapagos und einige der Gesellschafts- und westindischen Inseln haben keine Korallen, obwohl sie innerhalb der Grenzen der Korallengebiete liegen. Ihr Fehlen rührt von der Steilheit ihrer Küsten her und von dem Fehlen oder der krümelnden Beschaffenheit ihrer submarinen Plattformen. Korallenriffe können ferner nicht wachsen weit von den steilen Klippenflächen der gehobenen, korallenführenden Kalksteininseln.

Die Korallen erlangen ihre vollste Entwicklung an den dem Meere zugekehrten Seiten der Riffe; sie wachsen spärlich in den Lagunen, wo gleichwohl Korallenalgen sehr üppig gedeihen. Nulliporen und Korallinen bilden einen wichtigen Teil des riffbauenden Materiales.[1])

Das Meer.

Eine Terminologie der wichtigsten unterseeischen Bodenformen ist im Auftrage der internationalen Kommission für unterseeische Nomenklatur von Prof. Supan deutsch ausgearbeitet worden. Dr. H. R. Mill in London hat dazu die englischen und Prof. J. Thoulet in Nancy die französischen Termina geliefert.[2]) Nachstehend ist diese Terminologie wiedergegeben.

I. Großformen, d. h. Formen von weiter Erstreckung und daher Bestandteile der Hauptgliederung:

1. Von dem Kontinentalrande gewinnt nur der Schelf (engl. Shelf, franz. Socle oder Plateau continental) selbständige Bedeutung. Er ist jener Teil des Kontinentalrandes, der sich von der Grenze der dauernden Meeresbedeckung ganz allmählich in der Regel bis 100 Faden oder 200 *m* Tiefe senkt und dann plötzlich in einen steilern Abfall übergeht. Beispiele: der britische, der Sunda-, der Neufundlandschelf.

2. Die allseitig von Erhebungen eingeschlossenen Vertiefungen sind:

a) Becken (engl. Basin, franz. Bassin) von annähernd rundlicher Gestalt, in denen also beide Horizontaldimensionen nahezu gleich sind.

---

[1]) Naturwissensch. Rundschau 1903. Nr. 31.

[2]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 151.

b) Mulden (engl. Trough, franz. Vallée) oder langgestreckte, breite Vertiefungen mit sanft ansteigenden Rändern. Durch Quererhebungen können die Mulden in Becken zerfallen, wie z. B. die beiden atlantischen.

c) Gräben (engl. Trench, franz. Ravin), auch langgestreckte, aber verhältnismäßig schmale Vertiefungen mit steilen Rändern, von denen der eine (der kontinentale) höher liegt als der andere (der ozeanische). Sie sind die Abschlüsse einseitig gebauter Becken und liegen an Kontinentalrändern oder Inselreihen; nur der Caymangraben schiebt sich zwischen Inseln ein, aber auch hier sind die Ränder ungleich hoch. Eigentlich ist der Graben nur eine Sekundärform der großen Vertiefungen des ozeanischen Flachgrundes, aber wegen seiner bedeutenden Längserstreckung, seiner Tiefe und seiner genetischen Wichtigkeit entschieden den Großformen zuzurechnen.

Die Ausläufer der Mulden und Becken, die mit gleichbleibender oder allmählich abnehmender Tiefe in die Festlandmassen oder in unterseeische Erhebungen eindringen, oder einerseits von Land, anderseits von unterseeischen Erhebungen begrenzt werden, sind

a) entweder breit, von rundlicher oder dreieckförmiger Gestalt und heißen dann Buchten (engl. Embayment, franz. Golfe; z. B. die ostaustralische Bucht), oder

b) langgestreckt und heißen dann Rinnen (engl. Gully, franz. Chenal; z. B. die Färöer- und die norwegische Rinne).

3. Die Erhebungen sind entweder allseitig von Vertiefungen eingeschlossen oder gehen von dem Kontinentalrande aus.

a) Alle Erhebungen, die ganz allmählich unter Böschungswinkeln von einigen Bogenminuten ansteigen, heißen Schwellen (engl. Rise, franz. Seuil), gleichgültig, ob sie langgestreckt oder breit sind, und wie ihre vertikale Entwicklung ist. Sie spielen wegen ihrer Flachheit anscheinend nur eine untergeordnete Rolle, sind aber doch die Träger der Hauptgliederung des ozeanischen Bodens, was man daraus erkennt, daß sie, wenn der Meeresboden in Land verwandelt würde, als Hauptwasserscheiden funktionieren würden.

b) Langgestreckte Erhebungen, die sich durch ihre steilern Böschungen kräftiger markieren, heißen Rücken (engl. Ridge, franz. Crête). Sie sind daher schmäler als die langgestreckten Schwellen; der Unterschied ist besonders dort deutlich, wo eine Schwelle streckenweise die Gestalt eines Rückens annimmt, wie z. B. der atlantische Äquatorialrücken. Im übrigen gehören der Kategorie der Rücken sowohl Groß- wie Kleinformen an.

c) Plateaus (engl. Plateau, franz. Plateau) sind steilere Erhebungen von größerer Ausdehnung, in denen die Längs- und die Breitendimension nicht erheblich voneinander abweichen. Sie können sich sowohl aus den Vertiefungen des Meeresbodens erheben, wie über den Schwellen (z. B. das Azoren-Plauteau).

4. Die tiefsten Stellen der Vertiefungen heißen Tief (engl. Deep, franz. Fosse; z. B. Nerotief), die höchsten der Schwellen, Rücken und Plateaus, soweit sie nicht dem Sockel von Inseln angehören oder als selbständige Kleinformen betrachtet werden können, Höh (engl. Height, franz. Haut; z. B. Valdiviahöh des Walfischrückens).

II. Kleinformen von geringer Ausdehnung, aber sich stets durch steilere Böschung von der Umgebung deutlich abhebend:

1. Erhebungen:

a) Erhebungen von langgestreckter Form und meist mit unruhiger Oberfläche, die sich im raschen Wechsel der Tiefe kundgibt: Rücken.

b) Einzelerhebungen oder unterseeische Berge, und zwar:

α) Kuppen (engl. Dome, franz. Dôme), von kleiner Grundfläche, aber mit steilen Böschungen in Tiefen von mehr als 200 *m* (z. B. Faradaykuppe).

β) Bänke (engl. Bank, franz. Banc), die sich bis zu Tiefen von weniger als 200, aber mehr als 11 *m* erheben (z. B. Porcupinebank westlich von Irland oder Princesse-Alice-Bank südlich von Fayal).

γ) Riffe oder Gründe (engl. Reef oder Shoal, franz. Récif oder Haut fond), die sich wenigstens bis zu 11 *m* dem Meeresspiegel nähern und dadurch der Schiffahrt gefährlich werden (z. B. Paracelsriffe, Adlergrund).

2. Vertiefungen:

a) Kessel (engl. Caldron, franz. Caldeira), sind mehr oder weniger steile Einstürze von verhältnismäßig geringer Ausdehnung, wie der Monacokessel auf dem Azorenplateau.

b) Furchen (engl. Furrow, franz. Sillon) sind tal- oder kanalartige Einschnitte in den Kontinentalrand und mehr oder weniger senkrecht zu diesem gestellt (z. B. Indusfurche, Gangesfurche usw.).

Die Beobachtung der Meereswellen. Was wir zur Zeit über die Wellenbewegung großer Wassermassen wissen, beruht meist auf theoretischen Untersuchungen, während die Beobachtungen besonders auf dem Meere noch sehr unvollkommen und lückenhaft sind. Der Grund hiervon liegt in den ungünstigen Verhältnissen, unter denen von dem bewegten Schiffe aus die Meereswellen beobachtet werden, und in dem Umstande, daß es sich dabei immer nur um Schätzungen handelt, da ein Instrument für genaue Wellenbeobachtungen fehlt. Jetzt hat nun Geh. Admiralitätsrat Rottok ein Verfahren zur genauen Messung der Wellendimensionen vorgeschlagen,[1]) das auf photographischen Aufnahmen an Bord und nachheriger Ausmessung der erhaltenen Bilder an Land mittels des Stereokomparators oder des Stereoplanigraphen beruht. Zur photographischen Aufnahme der Wellen an Bord sind 2 Kameras erforderlich, die in genau gemessenem Abstande voneinander so aufgestellt sind, daß die photographischen Platten in einer der Standlinie parallelen Ebene liegen, und die optischen Achsen der Objektive senkrecht zur Plattenebene stehen. Diese Aufnahmen in Verbindung mit Bestimmungen der Geschwindigkeit oder der Periode der Wellen liefern alle Daten, die zur Charakteristik und Darstellung der Wellen erforderlich sind; sie werden noch besonders dazu dienen können, die verwirrenden Erscheinungen der sich durchkreuzenden Wellenzüge an dem ruhigen Bilde zu entwirren und dadurch das Studium der Interferenz der Wellen, wie diese sich tatsächlich auf dem Ozeane abspielt, zu ermöglichen. Die nautische Abteilung des Reichsmarineamtes beabsichtigt, demnächst Versuche nach dem hier kurz geschilderten Verfahren anstellen zu lassen. Inzwischen gibt Rottok eine sehr dankenswerte Zusammenstellung des Wichtigsten, was die bisherigen Beobachtungen über die Meereswellen ergeben haben. Dieselbe enthält im wesentlichen folgendes: Die Wellenhöhe oder der senkrechte Abstand vom höchsten Punkte, dem Wellenkamme, bis zum tiefsten, dem Wellentale, beträgt in keinem Falle mehr als 15 *m*, die alten Angaben von turm- und häuserhohen Wellen sind durchaus übertrieben. Als größte Wellenhöhen wurden von Abercromby 14 *m*, von Skoresby 13 *m*, von der Novaraexpedition 11 *m*, von der »Challenger« 7 *m* gemessen. Im

[1]) Ann. der Hydrogr. 1908. p. 329 ff.

Durchschnitte beträgt nach den zahlreichen Beobachtungen, die Leutnant Pâris 1867—1870 an Bord der französischen Kriegsschiffe »Dupleix« und »Minerve« angestellt hat, die Wellenhöhe im Atlantischen Ozeane im Gebiete der Passatwinde 1.9 *m*, im Westwindgebiete des Südatlantic 4.3 *m*, im Gebiete der Passatwinde des Indischen Ozeanes 2.8 *m*, im Westwindgebiete desselben 5.3 *m*, im chinesischen und japanischen Meere 3.2 *m*, im westlichen Stillen Ozeane 3.1 *m*. Unter Wellenlänge versteht man den Abstand von einem Wellenkamme bis zum nächsten. Diese Längen der gewöhnlichen Sturmwellen betragen im offenen Ozeane durchschnittlich 90—100 *m*, der höchste Wert dürfte auf 400 *m* zu veranschlagen sein. Das Verhältnis der Wellenhöhe zur Wellenlänge nimmt mit der Zunahme der Wellenlänge ab, die Wellen werden also flacher, je weiter die Wellenkämme auseinander liegen. Im Durchschnitte verhält sich die Wellenhöhe zur Wellenlänge wie 1 : 30, sie kann aber bis 1 : 10 steigen. Unter Wellengeschwindigkeit versteht man den Weg, den die Welle in einer Sekunde durchläuft. Sie liegt auf den offenen Ozeanen gewöhnlich zwischen 11 und 15 *m*, und als größte Geschwindigkeit ist 24 *m* anzunehmen. Die Wellenperiode ist die Zeit, welche die Welle braucht, um einen Weg zu durchlaufen, welcher der Wellenlänge gleich ist; sie beträgt im Durchschnitte 7.5 Sekunden, ihr oberer Grenzwert ist 15 Sekunden. Mit der Andauer und der Stärke des Windes nehmen auf offener See alle Wellendimensionen, Höhe, Länge und Geschwindigkeit, zu; die Höhe wächst am schnellsten, die Länge zuerst langsam, dann aber schneller als die Höhe. Die Geschwindigkeit ist am wenigsten veränderlich, sie wächst allmählich mit der Dauer und Stärke des Windes und erreicht bald eine konstante Größe. Bei gleichbleibender Richtung und Stärke des Windes hört nach einer bestimmten Zeit die Zunahme der Wellendimensionen auf, und die Wellen nehmen einen konstanten Charakter an, man nennt sie dann ausgewachsene Wellen. Flaut der Wind ab, so nehmen auch die Wellenelemente ab, am schnellsten die Höhe, langsamer die Länge und Geschwindigkeit. Dies setzt sich fort, wenn der Wind zuletzt ganz aufhört, und die durch ihre abgerundeten Wellenkuppen gekennzeichnete »Dünung« eintritt. Während aber die Höhe der Wellen in der Dünung sich schnell vermindert, behält sie ihre Länge und Geschwindigkeit noch lange Zeit und in großem Abstande von dem Orte, an dem die Windstille eintrat, bei.

Die Stromversetzungen auf den internationalen Dampferwegen zwischen dem Englischen Kanale und New-York behandelte auf dem 14. deutschen Geographentage Prof Dr. Schott.[1]) Es handelt sich um die Versetzungen auf der wichtigsten Dampferlinie der Welt. Der Weg ist genau festgesetzt und muß von den

---

[1]) Zeitschr. der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903 p. 509.

Schiffsführern streng eingehalten werden, und zwar ist von Mitte August bis Mitte Januar der nördliche und von Mitte Januar bis Mitte August der südliche Weg festgelegt. Der Schnelldampferverkehr braucht eine genaue Kenntnis der Versetzungen, mit denen er rechnen muß. Dem Studium der Strömungen in den Ozeanen widmet sich die Deutsche Seewarte immer mehr, wobei sie wesentlich von der Hamburg-Amerikalinie und vom Norddeutschen Lloyd unterstützt worden ist. Die Größe der Stromversetzungen steht im umgekehrten Verhältnisse zu der Schiffsgröße. Die »Deutschland«, unser schnellstes Schiff, ist einmal nach einem orkanartigen Nordwest um 48 Seemeilen außer Kurs gekommen, das ist eine Strecke von 80—90 *km*. Von den untersuchten Fällen waren in 64 % die Dampfer mit dem Winde nach Lee oder rechts nach Lee versetzt worden. Von einer erheblichen Unabhängigkeit des Golfstromes vom Winde kann keine Rede sein. Prof. Schott kommt zu folgenden Schlußsätzen als Ergebnis seiner Forschungen:

1. Die Größe der Versetzungen von Dampfern steht im umgekehrten Verhältnisse zur Schiffsgröße, scheint dagegen kaum von der Schnelligkeit und Maschinenkraft der Schiffe abzuhängen. 2. Ausnahmsweise große Versetzungen, die meist durch besondere Naturereignisse, schwere Stürme, gewaltige Strömungen u. dergl. hervorgerufen werden, kommen bei Schiffen jeder Größe fast im gleichen Maße vor. 3. Alle Schiffe werden am häufigsten nach Lee oder nach dem Quadranten rechts von Lee versetzt. 4. Die Versetzungen im Sinne der herrschenden Stromrichtung pflegen die größten zu sein. 5. Die Versetzungen sind im Durchschnitte auf der westlichen Hälfte der Dampferwege wesentlich größer als auf der östlichen; die Grenze der schwachen und starken Versetzungen liegt im Mittel bei 40° westl. L. für die südlichen, bei 30° westl. L. für die nördlichen Wege. 6. Auf der östlichen Hälfte beider Wege sind die Versetzungen nach allen Kompaßrichtungen ziemlich gleichmäßig verteilt. 7. Auf der westlichen Hälfte der südlichen Wege überwiegen bei Windstille überall Versetzungen nach Norden und Osten. 8. Auf der westlichen Hälfte der nördlichen Wege von 30—70° westl. L. wechseln die vorwiegenden Richtungen zweimal, und zwar zwischen NO und SW.

Der Landverlust an der mecklenburgischen Küste ist von Prof. E. Geinitz untersucht und gegliedert worden.[1]) Die ganze deutsche Ostseeküste ist gegenwärtig im Abbruche, alljährlich geht von dem Steilufer, dem »Klint« oder »Kliff«, etwas verloren, bald größere Schollen, bald kleine Partien. An verschiedenen Stellen ist dieser Rückgang ungleich groß; die 5 *m* hohe Diluvialküste des Samlandes bei Cranz weicht durchschnittlich jährlich um 1.8 *m* zurück, die 16—20 *m* hohe Diluvialküste Pommerns bei Colberg nur um 0.42 *m*,

[1]) Mitteil. der Großh. Mecklenb. Geol. Landesanstalt 15. Rostock 1908.

die bis 16 *m* hohe Diluvialküste der Stoltera bei Warnemünde um 1 *m*. Prof. Geinitz hat seine Untersuchungen auf die mecklenburgische Küste beschränkt, doch sind die von ihm gezogenen Folgerungen auch für die übrige deutsche Ostseeküste von Geltung. »Der Prozeß des Landverlustes wird nach der im Binnenlande verbreiteten Ansicht gewöhnlich auf die Tätigkeit des Meeres zurückgeführt, doch spielen auch andere Faktoren, gleichzeitig oder vorbereitend, eine wichtige Rolle dabei. Wir können bei dem Zerstörungsprozesse unserer, wie überhaupt der ganzen deutschen Ostseeküste 2 Momente unterscheiden, die für sich oder ineinander eingreifend, zur Aktion gelangen: die Arbeit der Atmosphärilien (und des Grundwassers) und diejenige der Wellen. Einen ganz erheblichen Anteil an der Zerstörung unserer Steilufer haben die Atmosphärilien, insbesondere der Frost und Antau.

Das Tagewasser dringt längs der Absonderungsfugen des Geschiebemergels ein, und bei der exponierten Lage an der Wasserkante ist es nicht zu verwundern, daß der Frost hier die Quader mehr oder weniger leicht von der Wand ablöst.

So finden wir jedes Frühjahr den Strand mit einer Schutthalde belegt von scharfeckigen, großen und kleinern Bruchstücken des Geschiebemergels, mit Erde oder Sand, bis die Halde schließlich durch weitere Wasserbewegung gänzlich weggeführt wird, und die senkrechte Wand wieder frei erscheint, scheinbar in der frühern Gestalt, aber etwas weiter zurückgerückt. Dieses Abbröckeln durch den Frost und die Pflanzenwurzeln macht auch das Betreten der obern Kante des Landes gefährlich und ist eine treffliche Vorarbeit für die folgende Wirkung des Meeres.

Weiter spielt das Auftauen des Bodens eine wichtige Rolle. Der aufgeweichte Boden, Geschiebemergel oder Sand und Ton, rutscht und fließt die Halde abwärts, hier in geringem Maße, dort (und besonders bei Sandmulden) in mächtigen Schlammströmen oft bis ins Meer hinaus, so daß ein Passieren der Stelle unmöglich wird.

Die direkte Arbeit der Wellen setzt alljährlich mit den Herbst- und Frühjahrsstürmen oder auch in größern Pausen bei den Sturmfluten ein. Letztere arbeiten natürlich in sehr energischem Stile und erzielen oft in einem Tage den Betrag von Jahrzehnten. Aber auch die jährlichen Anschwellungen des Wassers sind wohl zu beachten, da sie gerade den dauernden Landverlust vermitteln und bedingen.

Die verschiedensten Formen des Steilufers werden hierbei geschaffen, von denen als Grundtypus immer die senkrechte Wand erscheint. Auch bei dem Heidesande oder bei angefressenen Dünen erscheint diese senkrechte Wand und hält sich oft recht lange Zeit, bis schließlich nach Austrocknen des Sandes eine der Korngröße entsprechende Böschung angestrebt wird.

Die Abspülung spielt auch an den Stellen eine Hauptrolle, wo der petrographische Charakter des Ufers den Angriff begünstigt, also

z. B. in den Sandmulden, welche z. B. in so eigentümlicher Art dem Geschiebemergel an der Stoltera bei Warnemünde eingelagert sind.

Wenn man ein klares Bild über den Landverlust und über die etwa dagegen vorzuschlagenden Mittel gewinnen will, muß man zunächst die Beschaffenheit der Ufer genau untersuchen.

An der mecklenburgischen Küste tritt der diluviale Geschiebemergel siebenmal in flachwelligen Erhebungen hervor, im Klützer Ort, Pöl, Wustrow, Alt-Gaarz, Brunshaupten, Rethwisch-Stoltera und Fischland. Hier bildet der Geschiebemergel die steilen hohen Ufer, die Verf. im Gegensatze zu den Dünen als »Klint« bezeichnet. Die schmalen oder weiten Zwischenräume zwischen diesem Hervortreten des Geschiebemergels sind von alluvialen Moorniederungen mit Dünenabschluß oder Wasser erfüllt, in der nordöstlichen Heide (Müritz-Gelbensande) aber von dem bekannten, feinen Heidesande; auch dieser bildet niedere Klintufer. Wesentlich nur an den hohen Ufern findet Abbruch statt. Übrigens darf man nicht ohne weiteres diese hohen Ufer als »Lehmufer« bezeichnen, wenn auch der Geschiebemergel seiner Verbreitung nach bei weitem den Hauptanteil an der Zusammensetzung hat. Im einzelnen zeigen sich sehr große Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Ufers, die nur in Karten von großem Maßstabe vollständig wiedergegeben werden könnten.«

Aus den sehr sorgfältigen und umfassenden Zusammenstellungen aller Einzelheiten über den Landverlust der mecklenburgischen Küste findet Prof. Geinitz, daß dieser in 100 Jahren 30 637 000 *cbm* beträgt und jedenfalls in frühern Zeiten nicht geringer war. Die Frage, was aus dieser Masse des abgebröckelten Landes wird, beantwortet er wie folgt: Geschiebemergel und Ton werden von den Wellen aufgearbeitet und einem natürlichen Schlämmprozesse unterworfen; die feinsten Teile und der Sandbestand werden gesondert, die großen Blöcke bleiben mehr oder weniger unverändert an der Stelle liegen, wohin sie gefallen sind, bis vielleicht Wellenschlag oder Eisschiebung ihren Ort langsam und um geringen Betrag ändert, oder der Mensch sie ausfischt und zerklopft. Wie wenig sie angegriffen werden, erhellt daraus, daß sich ihre Gletscherschliffe und Schrammen noch lange erhalten. Die Feinteile werden weit hinausgeführt, der Sand durch Küstenströmungen transportiert, bis er als Sandbank oder flaches Neuland an den Stellen ruhigen Wassers zur Ruhe kommt oder auch bald von neuem zur Wanderung gezwungen wird. Die störenden Sandbänke und die langen Sandzungen, die sich an die Landvorsprünge anlagern und endlich als Nehrungen vorspringende Halbinseln mit der benachbarten Küste wieder verbinden, sind sprechende Beweise dafür. Die Gerölle werden wohl auch zu Uferwällen aufgeworfen vor der Mündung von Niederungen (Heiliger Damm) der am Strande getrocknete Sand endlich zu Dünen aufgeweht. Dort, wo der Geschiebemergel stark ausgewaschen wird, sieht man am Strande und vor demselben in See reichlich Steingerölle angehäuft oder zu Steinriffen

angereichert, die Steinriffe in See sind die Reste ehemaliger Geschiebemergelerhebungen.

Nach der mechanischen Zusammensetzung des Geschiebemergels kann man annähernd annehmen, daß der Geschiebemergel bei seiner Ausschlämmung zerfällt in

1 % große Blöcke und Steine,
3 % Kies und groben Sand,
55 % Sand,
16 % »Staub«, d. i. feinsten Sand,
25 % feinste Teile, d. i. Ton.

Legen wir unsere obige Zusammenstellung zugrunde, so finden wir, daß die mecklenburgische Küste jährlich über 300 000 *cbm* Masse verliert, von welcher beim Ausschlämmen erhalten werden rund 200 000 *cbm* Sand und 100 000 *cbm* Ton und feinste Teile.

Gewissermaßen als Trost wird auf die Beobachtung hingewiesen, daß das Meer dafür, daß es an der einen Stelle Land abspült, an andern wieder neues Land anlagert.

Auch an unserer Küste ist dergleichen zu beobachten. Aber was ist der Gewinn? Statt des fruchtbaren Bodens niedriges Ödland, aus dem sich höchstens nach Jahren ein dürftiges Weideland entwickeln kann. Und außerdem steht die Größe des neuen Areals in keinem Verhältnis zu dem Verluste. Es wurde bei Erwähnung des Ufers von Redentin darauf hingewiesen, daß dort die Neulandbildung nicht als Meeresanschwemmung zu betrachten ist, sondern als Zuwachs vom Lande her. Vom Meere geliefertes Neuland sind die niedern Landzungen, die sich an manche Vorsprünge anlehnen, so ist die sandige Niederung des Priwalls in vorhistorischer Zeit durch Versandung einer tiefen Meeresbucht entstanden, von dem zerstörten Brothener und vielleicht auch Klützer Ufer hergeführt, so scheint im Süden der Insel Pöl ein flacher sandiger Zuwachs zu erfolgen, ebenso wie die am Kieler Ort an der SW-Spitze von Wustrow; und endlich ist die Sandniederung zwischen Dierhagen und Fischland die alte Ausfüllung eines Mündungstrichters, welche die Insel Fischland landfest gemacht hat.

Dagegen ist eines Vorteiles zu gedenken, den die Zerstörungsprodukte uns bieten, der Dünenbildung. Der ausgewaschene feine Sand wird an den Strand geworfen, unter dem Schutze von Buhnenbauten aufgehäuft, so daß oft der früher steinige Sand später ebener Feinsandboden wird (bis größere Wellen den Sand wieder wegführen), an den trockenen Stellen wirft der Wind den Sand zu den Dünen auf, welche ihrerseits für spätere Fluten als Wellenbrecher dienen; daher das Bestreben, zum Uferschutze Dünenbildung, wenn auch nur in kleinem Maßstabe, am Strande zu befördern und zu erhalten. An den Mündungsgebieten von Moorniederungen ist der eigentliche Ort für Bildung von Dünen, die nun für die meisten Fälle genügenden Schutz bieten gegen andringendes Hochwasser.

Gelegentlich werden die Sandanschwemmungen am Strande durch Verbreiterung oder Aufhöhung des Strandes von Nutzen gegen die andringenden Wellen.

Endlich muß noch einer schädigenden Einwirkung gedacht werden, der Versandung von Fahrrinnen. Die Wismarsche Einfahrt erleidet keinen Schaden durch Sandvorlagerung, dagegen die Warnemünder. Die sorgfältigen, von Baudirektor Kerner geleiteten, laufenden Messungen des Seegrundes bei Warnemünde haben die Veränderungen deutlichst vor Augen geführt, gegenwärtig ist dem Übelstande auf eine Reihe von Jahren durch die Fangvorrichtungen der Buhnenbauten und den verlängerten Molenkopf mit Erfolg entgegengearbeitet, der von Westen herangeführte Sand wird auf der Westseite der Mole abgelagert. Auf die Dauer der Zeit wird aber diese Arbeit nicht helfen, und der Sand später sich doch wohl wieder vor die Ausfahrt ablagern.

So sehen wir, das Meer bietet für seinen Abbruch der Ufer nur recht mäßige Entschädigung in Neulandbildung, und daneben noch direkten Schaden durch Versandungen.

Von der Menge der gelieferten Auswaschungsmassen der Zerstörungsprodukte wird aber bei weitem nicht aller Sand wieder an die Küste getrieben, und der Ton und staubfreie Sand findet sich hier überhaupt nicht. Dieser Rest der Ausschlämmassen muß also in die See hinausgeführt werden. Da er nicht am Strande bleibt, würde man denken können, daß die See allmählich in der Nähe des Strandes flacher werden müßte und dadurch einen selbstgeschaffenen Schutz gegen starken Wellengang liefern. Aber auch hiervon ist nichts zu bemerken. Man könnte deshalb vermuten, daß das Küstengebiet sich in langsamer Senkung befindet, wodurch die Aufhöhung des Bodens ihr Gegengewicht fände.« Die Zusammenfassung der bisherigen Beobachtungen durch das K. Preuß. Geodätische Institut sagt, »daß, wenn überhaupt von einer Hebung oder Senkung der deutschen Ostseeküste die Rede sein kann, sie wenigstens gegenwärtig an der ganzen Küste gleichmäßig erfolgt«; und weiter, »daß zur Zeit die relative Lage des Mittelwassers der Ostsee gegen die Küste als unveränderlich angesehen werden kann.« Perioden höhern und niedern Mittelwassers wechseln miteinander ab, die zum großen Teile meteorologischen Einflüssen zuzuschreiben sind.

Quellen und Höhlen.

Quellen am Meeresgrunde. Es ist wissenschaftlich von Interesse, eine Zusammenstellung der Lokalitäten zu besitzen, an denen submarine Süßwasserquellen sich befinden, allein bis in die jüngste Zeit waren nur vereinzelte Angaben in dieser Beziehung zu finden. Jetzt hat nun Dr. F. J. Fischer in einer großen Arbeit »Meer und

Binnengewässer in Wechselwirkung«[1]) eine reichhaltige Zusammenstellung solcher Lokalitäten geliefert und erläuternde Bemerkungen beigefügt.

Hiernach zeichnen sich besonders die nördlichen Gestade des Mittelmeeres, besonders diejenigen, wo Kreidekalke vorherrschend verbreitet sind und große Störungen ihrer Lage erlitten haben, durch submarine Quellen aus. Dr. Fischer bemerkt, man könne die verborgenen Wege, welche die Gewässer des Landes auf ihrer Bewegung zum Meere hin verfolgen, vor allem an dem Quellenphänomen an den provençalischen und ligurischen Küsten ersehen. Die Provence wird von mehrern Bergketten der Kalkalpenzone der Südwestalpen, die sich gegen Westen zu den Ketten von Sainte-Victoire und Sainte-Baume absenken, durchzogen, und wo dieser poröse Kalkstein unmittelbar ans Meer herantritt, der Meeresboden aber schroff gegen die Küste hin abfällt, da sind die Bedingungen für die Entstehung submariner Quellen besonders günstig. »Schlotförmige Dolinen oder Sauglöcher auf dem Rücken des Kalkgebirges schlucken das niederfallende atmosphärische Wasser auf, das in unterirdischen Hohlräumen dem Meere zufließt. In den Buchten von Cannes, Jouan und Antibes, sowie vor der Mündung des Var finden sich submarine Quellen, die sich bei ruhiger See durch ihr Aufwallen verraten. In der Salzlagune von Thau bei Cette, einer tiefen Stelle von Avysse, sprudelt eine Säule Süßwasser mit solcher Gewalt empor, daß sie Wellen schlägt. Sie könnte den Einwohnern der Stadt Cette dieselben Dienste leisten wie ehemals den Bewohnern von Syrakus die süße Meeresquelle im Hafen ihrer Stadt, von der sie ihr Trinkwasser bezogen.

Zahlreiche submarine Quellen weist nach Dr. Fischer die Umgebung der Rhonemündungen in verschiedenen Entfernungen von der Küste und oft in bedeutender Tiefe auf. Die mächtigste derselben, die von Port-Miou bei Cassis, bricht aus einem mindestens 2 *qm* großen Felsentore mit solcher Gewalt hervor, daß sie auf der Meeresoberfläche einen Strom erzeugt, der schwimmende Gegenstände oft über 2 *km* weit mit sich fortreißt. Ein Lot, das man in einen Bohrbrunnen nahe der Austrittsstelle dieser Quelle hinabließ, konnte erst nach einer Belastung mit einem Gewichte von 38 *kg* der starken im Brunnen herrschenden Strömung widerstehen und in vertikaler Richtung verharren. Nahe der Bai von La Ciotat oder Lèques treten auf dem Meeresgrunde so viele Quellen hervor, daß das Meerwasser dort drei Viertel seines Salzgehaltes verliert; das gleiche ist der Fall südlich von Mentone an der Riviera. Westlich von Saint-Nazaire, an der Küste von Portissol, ist das Aufquellen von Süßwasser im Meere so allgemein bekannt, daß man eine Landzunge als »Pointe de Source« (Quellenspitze) bezeichnet. Auf ähnliche Erscheinungen trifft man nach Dr. Fischer an der atlantischen Küste von Südfrankreich, wo

---

[1]) Abhandlung der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien 1902. 4. Nr. 5.

sich das Wasser des großen Sumpfes von Ossegore durch die Sandmassen des Gestades in einen unterirdischen Kanal, der wahrscheinlich einer alten Mündung des Adour entspricht, ins Meer ergießt und unter dessen Oberfläche austritt. Besonders kann man im Seebade Biarritz diese Verhältnisse in nächster Nähe beobachten. Weitere Beispiele finden sich in andern europäischen Seestaaten, so an dem Meerbusen des Humber in England und weiter südlich an der St. Margaretbai, wo große Süßwassermassen durch Spalten des Erdbodens unterirdisch ins Meer geleitet werden.

Besonders interessante Verhältnisse zeigt der Golf von Spezia, wo eine Anzahl submariner Quellen auf einer Verwerfungsspalte nachweisbar sind. Die mächtigste davon ist die Quelle Polla de Cadimare südöstlich von Spezia. Dort steigt ein starker Wasserquell bis 18 *m* hoch über den Meeresboden auf und erzeugt an der Oberfläche des Golfes einen kleinen Wasserhügel, der für kleinere Fahrzeuge unnahbar ist. Das Wasser, welches diese Quelle speist, rührt her von atmosphärischen Niederschlägen, die in einer Entfernung von 4 $^{1}/_{2}$ *km* auf die Höhen des Apennins niederfallen und dort von vielen Karsttrichtern und Ponoren, welche auf der großen Verwerfungsspalte von NW bis SO liegen, aufgeschluckt und weitergeführt werden, bis sie im Golfe von Spezia als Quellen wieder hervorbrechen. Infolge der 200 *m* hohen Lage des Niederschlagsgebietes bei San Benedetto steigt das Wasser als eine kräftige Wassersäule über die Meeresfläche empor. Aus welcher Tiefe solche unterseeische Quellen oft heraufkommen, zeigt die Tatsache, daß die Quelle von Cannes 162 *m*, die von San Remo 190 *m*, die am Kap St. Martin sogar 700 *m* unter dem Meeresniveau mündet.

Dr. Fischer weist auf den großen Reichtum submariner Quellen längs der Karstküsten von Istrien und Dalmatien hin. »Das Karstplateau,« sagt er, »welches den quarnerischen Golf umgibt, besitzt mit Ausnahme der Rijeka oder Fiumara bei Fiume nur temporäre Bäche und Flüßchen, welche an der Oberfläche des Terrains zu ihrem gemeinschaftlichen, natürlichen Mündungsgebiete gelangen. Die ganze Niederschlagsmenge, welche auf das Plateau und die Abhänge jener Karstgebirge fällt, wird von vielen großen und kleinen Dolinen und Ponoren aufgeschluckt und erscheint als Quellwasser im quarnerischen Golfe, wo untergetauchte oder submarine, trichter- und brunnenförmige Dolinen vorhanden sind, aus deren Spalten am Meeresboden Süßwasser hervorquillt. Die eine derselben befindet sich bei Mošenica, gegenüber der kleinen Bucht von Jelenšica, deren Zentrum sich bis 180 *m* tief senkt, während rings um den Trichter der Grund der Doline mit 45—65 *m* erreicht wird. Aus diesem Trichter strömt eine gewaltige Süßwassermasse hervor, die zwar in trockenen Zeiten nur durch die Strahlenbrechung ihrer aufsteigenden und über dem Meere sich ausbreitenden Schichten erkennbar ist, nach Regengüssen aber mit solcher Kraft aufwallt, daß auf einem Kreise von über

500 *m* Durchmesser keine Barke darüber fahren kann. Eine andere submarine Doline liegt bei der Hafeneinfahrt von Ika in Istrien und hat etwas kleinere Dimensionen. Aus einer 50 *m* tiefen Spalte des Grundes kommt eine ähnliche, kleinere, jedoch stetig aufwallende Quelle hervor. Auch an einigen Stellen zwischen Fiume und Volosca, sowie an der Küste bei Senj, südwestlich von Porte Cigale auf Lussin und südwestlich von Sansego sind ähnliche Quellen bekannt.«

Bezüglich des Vranasees auf der Insel Cherso, der nur durch eine schmale Hügelreihe vom Meere getrennt und ohne sichtbaren Zu- und Abfluß ist, hat Lorenz auf Grund seiner Temperaturmessungen zu beweisen versucht, daß der See sein Wasser nicht von der Insel Cherso, sondern vom Festlande her, und zwar wegen seiner niedrigen Temperatur (8° C. im Mittel) nur von einer der höchst gelegenen Gegenden des Velebit oder des Monte Maggiore erhalten könne, so daß das Wasser unter dem Meeresboden durchfließe und durch irgend eine Spalte in jenem Seepolje aufsteige. Wie der Zufluß, so sei auch der Abfluß des Sees untermeerisch. Der Spiegel des 56 *m* tiefen Sees liegt 13 *m* über dem Meere; wäre also die Insel Cherso an jener Stelle um etwas mehr als diese 13 *m* niedriger, so hätte man anstatt des Sees eine untermeerisch austretende, sehr beträchtliche, kalte Wassermasse.

Dr. Fischer bemerkt ferner, daß man in der Bucht von Vrullia zwischen Abmissa und Makarska bei Windstille deutlich das Aufsprudeln untermeerischer Quellen bemerkt, im Kanale Castelli bei Spalato dagegen nur nach vorangegangenem Regen. Auch in den Häfen von Cattaro und Avlona ist diese Erscheinung nicht unbekannt. Im Mare piccolo oder dem großen Hafen von Tarent, in einiger Entfernung von dem Galesus, springt Süßwasser in solcher Menge empor, daß man es ohne die geringste Beimischung von Brackwasser abschöpfen kann. Gleiches soll nach Brydone der Fall sein bei einer Quelle, die gegenüber der Arethusaquelle aus bedeutender Meerestiefe heraufkommt (Occhio di Zilica). »Selbst den Bohrer«, sagt er, »hat man auf dem Meesesboden angesetzt, um Wasser zu finden. Beim Vorgebirge Uncino, nicht weit vom neapolitanischen Städtchen Torre del Annunziata, kannte man seit langer Zeit eine Stelle, wo in ungefähr 30 *m* Entfernung von der Küste Luftblasen aus dem Wasser aufstiegen. Die Erscheinung erregte Aufmerksamkeit, und so wurden denn an einem sich ins Meer hinabsenkenden Felsen von vulkanischem Tuffe unter Wasser Bohrversuche angestellt. Als 2 Lagen von 16 *m* Dicke durchstoßen waren, stieg eine Wassersäule von 14 *cm* Durchmesser gewaltsam empor. Man trieb noch mehrere Bohrlöcher nieder; bei den meisten war der Grund ein sehr fester Lavaboden, nur beim letzten floß Wasser über ein mit Lavabruchstücken und vulkanischer Asche untermengtes Tonlager, welches ohne Zweifel als das Bett des unterirdischen Stromes gelten muß. Aus einer aufgesetzten Röhre sprang das Wasser anfangs 5 *m* hoch und so kräftig, daß es nicht

bloß kleines Gerölle, sondern auch Lavabrocken von ansehnlichem Gewichte mit heraufriß. Nach einiger Zeit sank die Wassersäule bis zu 3 *m*, auf welcher Höhe sie sich dann erhielt.«

Längs der Küste von Argolis gibt es eine Reihe untermeerischer Quellen, und sie entsprechen den auf dem Festlande in den sogenannten Katavothren verschwindenden Wassermassen. Auf der Insel Cerigo entspringt in der Bucht von Kapsali unter dem Seespiegel aus Kalkfelsen eine reichlich fließende süße Quelle und bleibt bei ruhiger See so unvermischt, daß man fast ganz reines Wasser von ihr schöpfen kann. »Bei der Insel Milo, der südwestlichsten der Kykladen, entquellen dem Meeresboden sogar Thermen. An der Karstküste von Kephallenia kommen untermeerische Quellen in der Lagune Kutavos, dem südlichen Teile der Bucht von Argostoli, und vor der Ostküste von Erisos vor, gegen welche der Schichtenfall die Gewässer, welche das poröse Gestein aufnimmt, hinabzuführen scheint. Besonders zahlreich erheben sie sich aus dem Grunde der Euphimiabucht und lassen das im Tale versiegte Süßwasser zutage treten. Auch weiter südlich, im Busen von Samos, gewahrt man nach Migliaressi drei bedeutende unterseeische Quellen, und Ansted beobachtete halbwegs zwischen Samos und Phyllaro eine so mächtige hervorsprudelnde Quelle, daß sie auf dem glatten Seespiegel einen Hügel von 1 Fuß Höhe aufwarf.«

Zahlreich sind auch die Beispiele submariner, mächtiger Quellen, die Dr. Fischer von der Südküste der Vereinigten Staaten beibringt. So sprudelt an der Mündung des St. Johnflusses eine untermeerische Quelle völlig süßen Wassers 1—2 *m* hoch über die Meeresfläche empor. »An den Küsten von Yukatan scheinen die Süßwasserquellen, die unterirdisch dem Meere zufließen, nicht die Form eigentlicher Flüsse anzunehmen, sondern vielmehr ausgebreiteten Seen ohne merkliche Strömung zu gleichen. In ihrer Gesamtheit sind diese submarinen Quellen mächtig genug, um dem Meerwasser auf weite Strecken von der Halbinsel entfernt das Gleichgewicht zu halten. Infolge des Gegendruckes, den die an der Küste hinströmende Meeresströmung ausübt, hat sich zwischen dem hohen Meere und dem vom Festlande her fließenden Süßwasser eine ähnliche Barre gebildet, wie sie sonst die Wogen vor den Flußmündungen aufbauen. Der Kanal, der sich wie ein breiter Fluß zwischen der Anschwemmung und der Küste Yukatans hinzieht, wird in der Tat nicht mit Unrecht von den Anwohnern als »rio« (Fluß) bezeichnet. Noch 400 *m* von der nördlichsten Spitze der Halbinsel, dem Kap Catoche, steigen Süßwasserquellen vom Meeresboden auf.

Die reichen Süßwasserquellen in der Bucht von Xagua auf Kuba sind durch v. Humboldt bekannt geworden. Die Kraft, mit der diese Quellen zutage treten, ist dermaßen groß, daß sie einen für kleine Kähne oft gefährlichen Wellengang verursacht. Schiffe, die nicht in Xagua einlaufen, holen zuweilen ihren Wasservorrat an diesen Quellen,

deren Wasser um so süßer und kälter ist, je tiefer es geschöpft wird. Durch Instinkt geleitet, haben auch die Manatis (Lamantins) dieses Süßwasser entdeckt, und die Fischer, welche diesen grasfressenden Cetaceen nachstellen, finden und erlegen sie dort in Menge auf offener See.

Ebenso quillt zwischen den Riffen, welche die höhlenreichen Bahamainseln umgeben, klares, frisches, süßes Quellwasser empor. Zur Zeit der Ebbe kann man die Quellen deutlich sehen und das Wasser da schöpfen, wo es aus dem Boden emporsprudelt.

In der Nähe der Insel Saba in den Kleinen Antillen entdeckte Kapitän Luger mitten im Meere das Vorhandensein einer beträchtlichen Süßwassermasse, die in konzentrischen Kreisen vom Meeresboden aufzuquellen schien.

Bei den Antillen St. Jacques und Guadeloupe finden sich im Meere warme Quellen. Auch bei der Insel Jamaika, auf der die Karstphänomene so mannigfaltig entwickelt sind, daß dieses Gebiet ein Seitenstück zu den stark verkarsteten, aus Kreide und Eocänkalksteinen zusammengesetzten Ländern des adriatischen Karstes bildet, stieß man auf eine untermeerische Quelle.

Ein gleiches findet nördlich von der durch ein furchtbares Erdbeben seinerzeit (1868) bekannt gewordenen Orte Arika in Chile, früher zu Peru gehörig, statt, wo ein Fluß plötzlich im Sande verschwindet und unsichtbar dem Meere zueilt, um einen breiten unterseeischen Fluß zu bilden. Ein anderer Fall ist westlich des peruanischen Hafens Talora zu beobachten, wo sich auf dem Meeresboden in 18 *m* Abstand von der Küste ein echtes Flußbett gebildet hat. Im Hinterlande der Küste befindet sich dort eine Reihe von Seen, deren Gewässer in eine Felsspalte abfließen und wahrscheinlich am Meeresgrunde erst wieder den Boden verlassen.«

Von Interesse ist, daß an der ostafrikanischen Küste der Rowuma eine unterirdische Flußmündung besitzt, noch merkwürdiger aber die folgende von Dr. Fischer mitgeteilte Tatsache. »Das zwischen dem Grünen Kap (Kap Verde) und der brasilianischen Küste vollendete Kabel aus ganz neuem und vorzüglichem Materiale versagte mehrmals hintereinander den Dienst, und die Untersuchung stellte fest, daß es immer ungefähr an derselben Stelle gerissen war. Man prüfte nunmehr den Meeresboden aufs genaueste, um die Ursache dieser Störung zu erfahren, und fand, daß sich dort am Meeresboden die Quelle eines Flusses befand, der das Kabel mit Schuttmassen überschüttet und zum Reißen gebracht hatte. Die Herkunft dieses Süßwasserstromes blieb nicht lange im Unklaren, denn man fand, daß sich an der afrikanischen Küste, gerade in gleicher Höhe mit der fraglichen Meeresstelle, ein Fluß in die Sümpfe von Yof ergießt und sich dort in den Sand des Bodens verliert. Es konnte kaum ein Zweifel darüber obwalten, daß es das Wasser des Flusses war, das sich in einer Entfernung von 24 *km* von der Küste unterirdisch ins Meer

ergießt und zum Reißen des Kabels Veranlassung gegeben hatte. Diese Vermutung wurde dadurch noch wahrscheinlicher, daß sich das mit der Reparatur beschäftigte Schiff eines schönen Tages plötzlich mit einer Menge von Orangeschalen, Kalebassen, Zeugstücken usw. umgeben sah, die wohl keinesfalls von der 140 *km* entfernten Mündung des Senegal kommen konnten, sondern wahrscheinlich aus der unterirdischen Flußmündung in die Höhe gestiegen waren.«

Ein Beweis, wie weit wasserdichte Schichten sich unter dem Meere fortziehen können, ist der von Dove angeführte Fall, daß ein englisches Konvoi im Indischen Ozeane 125 Meilen entfernt von Chittagong eine mächtige Süßwasserquelle entdeckte. Umgekehrt hat A. v. Humboldt die Tatsache, daß sich auf einigen der kleinen, felsigen, nur wenig über dem Meeresspiegel erhabenen Eilande, den Kayen oder Kagos bei Kuba, völlig süßes Wasser vorfindet, dadurch erklärt, daß sie infolge der Verlängerung der Schichten des jurassischen Kalksteins und der Auflagerung des Korallenkalksteins auf demselben von der benachbarten Küste und den Gebirgen Kubas ihr Trinkwasser erhalten. Dr. Fischer bemerkt, daß die nur 15 *qkm* große Insel Norderney an allen Stellen, die nicht von der täglichen Flut erreicht werden, süßes Wasser hat, und man sah, sobald Ebbe ist, außerhalb der Dünen sogar Süßwasser emporsprudeln. Ferner sollen nach ihm einzelne Granitklippen der Ostsee, Ertholmen genannt, selbst im trockensten Sommer Überfluß an Süßwasser haben, das ebenfalls nur unter dem Meere her vom Festlande kommen kann.

Im Gegensatze hierzu berichtet Dr. Lersch, daß die Bewohner Yukatans größtenteils längst verschmachtet sein müßten, wenn sich dort nicht tiefe Höhlenbrunnen fänden, zu denen sie auf Leitern durch künstliche und natürliche Schächte von mehr als 300 *m* Tiefe hinabsteigen.

Die intermittierende Lindwurmquelle bei Laibach. Über diese schon seit Jahrhunderten den Umwohnern als intermittierend bekannte, dennoch aber wissenschaftlich noch wenig erforschte Quelle berichtet W. Putick.[1]) Ihrer wird zuerst von Frhr. v. Valvasor (1689) gedacht, der dieselbe einige Jahre vorher, von den Landleuten aufmerksam gemacht, besuchte. Die abergläubischen Bauern glaubten, in der Quelle hause unterirdisch ein Drache, der von Zeit zu Zeit das Wasser herauswerfe. Erst in neuester Zeit ist die Quelle leichter zugänglich und die Quellenöffnung freigemacht worden, so daß man den Wasserspiegel am Ursprunge der Quelle sehen kann. Die Quelle liegt in 482 *m* Meereshöhe; dagegen hat der höchste Punkt des Berglandes, in welchem die unterirdischen Zuflüsse der Lindwurmquelle verborgen liegen, in der Bergkuppe »Zaplana« 800 *m* Meereshöhe. Hinsichtlich der geologischen Verhältnisse des Sammelgebietes der

[1]) Erdbebenwarte 3. p. 18.

Lindwurmquelle ist zu bemerken, daß das Gebiet der Triasformation angehört und vorwiegend aus Sandstein und dolomitischem Kalke besteht. Was ferner die Terrainbeschaffenheit anbelangt, so ist das Einziehungsgebiet der Quelle ein vorherrschend bewaldetes Bergland, das unbedeutende Karsterscheinungen zu verzeichnen hat.

Der Berichterstatter war Augenzeuge eines starken Ausbruches der Quelle. Er schreibt:

»Am 30. Mai kam der Berichterstatter nach Oberlaibach und erfuhr dort, daß Herr Gabriel Jelovšek seit 8 Tagen die Felstrümmer beim Lindwurm durch 4 Arbeiter entfernen ließ und am 29. Mai nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr Augenzeuge eines vehementen Wasserausbruches war. An den frühern Tagen wurde von den Arbeitern am Ursprunge der Quelle außer dem konstanten Abflusse ein Wasserausbruch nicht beobachtet, obschon sie täglich von 6 Uhr früh bis zur Abenddämmerung an Ort und Stelle ununterbrochen beschäftigt waren. Doch erfuhren die Arbeiter von Hirten, die schon im ersten Morgengrauen in der Nähe der Lindwurmquelle das weidende Vieh bewachten, daß Tag für Tag vor 4 Uhr morgens der Lindwurm tätig wäre. Die Arbeiter hatten tatsächlich jeden Morgen die zurückgebliebenen Spuren des Wasserausbruches schon auf dem Wege zum Quellenursprunge wahrgenommen. Sie näherten sich deshalb, abergläubisch, wie die Landbevölkerung ist, ängstlich der Stelle ihrer Tätigkeit und verließen dieselbe auch jeden Tag in aller Stille. Diese erzählten Herrn Jelovšek täglich am Abende von ihren Wahrnehmungen und von den Nachrichten, die sie von den Hirten erfahren hatten. Herr Jelovšek kam wiederholt und zu verschiedenen Tagesstunden zur Quelle, um den Fortschritt der von ihm angeordneten Arbeiten zu besichtigen und weitere Anordnungen zu treffen. Am 29. Mai begab er sich wieder auf den Weg zur Lindwurmquelle. Um 3 Uhr nachmittags dort angekommen, ließ er einen Felsblock knapp am Ursprungspiegel zur Sprengung derart anbohren und laden, daß der gewaltige Minenknall den Quellspiegel traf. Ungefähr eine Viertelstunde nach der Detonation des Sprengschusses trat die sonst ruhig fließende Quelle in die Erscheinung eines rauschenden und stürmenden Gießbaches, worauf die Sprengarbeiten an der Quelle unterbrochen wurden. Infolgedessen unternahm Verf. gleich am andern Tage einen Besuch der Quelle. Er kam 20 Minuten vor 4 Uhr beim Quellursprunge an. Nach erfolgter Besichtigung und Markierung des Quellspiegels an den Felstrümmern, zwischen welchen etwa 4 Sekundenliter Wasser aus der Quelle zum felsigen Waldgraben kontinuierlich herabrieselten, wurde ein Flintenschuß zwischen dem Quellspiegel und der Felsendecke der Ursprungshöhle in das Berginnere abgefeuert. Der Pulverrauch wurde mit einem bereitgehaltenen Buchenaste zerstreut. Als der Quellspiegel wieder sichtbar wurde, zeigte er die ursprüngliche Höhe. Es war 12 Minuten vor 4 Uhr. Kaum eine Minute darauf wurde wahrgenommen, daß der Quellspiegel um 1 *cm* gestiegen war und anfangs gleichmäßig, dann aber progressiv weiter emporstieg, bis er nach 12 Minuten die Höhe von 42 *cm* über Null erreicht hatte. Inzwischen merkte man augenscheinlich die Zunahme des Wasserabflusses im Quellgraben unterhalb der Trümmergesteinbarre des Quellspiegels, welcher auf dieser Höhe den Scheitel der Barre erreichte und rasch überzulaufen begann. Der Quellspiegel erhöhte sich durch weitere 6 Minuten progressiv und erreichte endlich 82 *cm* Höhe über Null, blieb auf dieser Höhe 10 Minuten konstant, fiel nachher von 82 auf 42 *cm* gleichmäßig durch 25 Minuten und fiel ebenso gleichmäßig durch weitere 19 Minuten von 42 *cm* auf den Nullpunkt zurück, so daß die Erscheinung des Wasserausbruches insgesamt 72 Minuten in Anspruch nahm, wovon gegen 30 Minuten der auffallendsten Intensität angehörten. Der Quellspiegel war von Null auf 42 *cm* und umgekehrt je höher, desto heftiger pulsierend und von 42 *cm* auf 82 *cm* Höhe und um-

gekehrt in analoger Weise je höher, desto heftiger bewegt und in sprudelnder Tätigkeit. Das durch den im Mittel 70 *cm* breiten, mit 4 % geneigten Quellschlitz hinablaufende Wasser hatte eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 1.5—1.8 *cm*, so daß während der maximalen Tätigkeit der Quelle ungefähr 400—450 Sekundenliter, d. i. 0.40—0.45 *cbm* per Sekunde, derselben entsprangen. Der Quellschlitz mündet nach 12 m Länge in einen steilen und felsigen Graben, wohin das stürzende Wasser dahinrauscht und eine ununterbrochene Reihe von kleinen Wasserfällen bildet, bis es tiefer im Graben nach ruhigerm Laufe durch das primitive Wehr der außer Betrieb stehenden »Alten Mühle« eine Zeitlang aufgehalten wird. Insgesamt lieferte der einmalige Ausbruch der Lindwurmquelle 3500—4000 *hl*, d. i. 350—400 *cbm* Wasser.

Weitere Beobachtungen und Messungen der Wasserausbrüche an der Lindwurmquelle stehen nunmehr im Plane. Was den oben geschilderten Wasserausbruch betrifft, so wird ferner bemerkt, daß es noch öfters zu versuchen sein wird, ob die Erscheinung durch ähnliche Detonationen vor der Höhlenmündung zu beliebiger Zeit beschleunigt wird, wie es am 29. und 30. Mai auffallenderweise erzielt wurde, oder ob das Phänomen selbsttätig nur zu gewissen Tagesstunden, von den gefallenen Niederschlägen abhängig, einzutreten pflegt. Der am 30. Mai beobachtete Wasserausbruch der Quelle brachte am Quellspiegel beständig klares Wasser zum Vorscheine, dessen Temperatur 9° C. betrug.«

Untersuchungen über die Abnahme der Quellentemperatur mit der Höhe im Gebiete der mittlern Donau und des Inn hat Dr. F. v. Kerner angestellt.[1]) Diese Untersuchung basiert auf einer großen Zahl von Quellenmessungen, welche vom Vater des Autors vor vielen Jahren in Niederösterreich und Nordtirol ausgeführt worden sind. Es wurden zunächst die Fehlergrenzen bestimmt für die Ableitung des Jahresmittels der Quellentemperatur aus nur zwei zu passend gewählten Zeitpunkten angestellten Messungen. Hieran schließt sich eine Erörterung der Korrektionen, welche an den Quellentemperaturen anzubringen sind, um den Einfluß der orographischen Lage und Bodenbeschaffenheit zu eliminieren und die Temperaturen als alleinige Funktionen der Seehöhe zu erhalten. Alsdann folgt die Ableitung von Gleichungen für die Abnahme der Quellentemperatur mit der Höhe, und zwar getrennt für drei verschiedene Regionen im Stromgebiete der mittlern Donau und für zwei verschiedene Gebirgszüge im Flußgebiete des Inn. Diese Gleichungen sind (h in Hektometern ausgedrückt):

Südrand des böhmischen Massivs:

$$t = 11.75 - 0.85h + 0.04h^2.$$

Niederösterreichische Voralpen:

$$t = 10.21 - 0.15h - 0.04h^2.$$

Niederösterreichische und obersteirische Kalkalpen:

$$t = 9.93 - 0.37h.$$

Nordtiroler Kalkalpen:

$$t = 13.91 - 0.80h + 0.01h^2.$$

Tiroler Zentralalpen (nordwärts der Hauptwasserscheide):

$$t = 12.11 - 0.44h.$$

[1]) Kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse v. 2. April 1906.

Diese Formeln werden sodann, besonders insoweit sie quadratische Glieder enthalten, näher diskutiert und mit den geognostischen und den mit diesen eng verknüpften morphologischen Verhältnissen der betreffenden Gebiete in Beziehung gebracht. Den Schluß bildet ein Vergleich der Abnahme der Quellenwärme mit der Abnahme der Lufttemperatur.

Die Änderungen des Grundwasserstandes in Brünn. In den Jahren 1865—1880 hat Mendel daselbst sehr genaue und lückenlose Beobachtungen des Wasserstandes im Konventbrunnen des Stiftes St. Thomas, der eine Tiefe von ca. 7 *m* besitzt, ausgeführt. Diese wertvolle Messungsreihe ist von J. Liznar bearbeitet worden.[1]) Es wird wenige Orte geben, von welchen eine so homogene Reihe von Beobachtungen über den Grundwasserstand vorliegt, weshalb die von Liznar veröffentlichten Taten von besonderm Werte sind, indem sie auf das deutlichste nachweisen, daß der Grundwasserstand tatsächlich von der Niederschlagshöhe abhängig ist.

Die folgende Tabelle zeigt den jährlichen Gang des Grundwassers und Niederschlages in Zentimetern.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Grundwasser	—6.0	1.5	15.3	25.2	29.3	23.2	5.3	—12.6	—24.0	—28.7*	—20.9	—7.2	328.0
Niederschlag	5	5*	6	6	12	14	11	14	5*	7	8	7	551
	5*	5*	6	6	12	13	11	14	7	7*	8	6	510

Der jährliche Gang des Niederschlages ist durch 2 Zahlenreihen dargestellt, wovon die erste der Periode 1865—1880, in welcher die Beobachtungen über den Grundwasserstand ausgeführt worden sind, entspricht, während die zweite aus den Niederschlagsmessungen der Jahre 1848—1882 abgeleitet worden ist. Beide stimmen fast vollkommen überein. Der Niederschlag zeigt im Laufe des Jahres 2 Maxima im Juni und August, die durch ein kleines Minimum im Juli getrennt erscheinen, ferner ein sekundäres Maximum im November. Das Hauptminimum tritt im Januar oder Februar ein, ein zweites sekundäres Minimum zeigt der September, bezw. Oktober.

Der jährliche Gang des Grundwasserstandes und des Niederschlages ist demnach sehr verschieden, so daß es den Anschein hat, als ob beide Erscheinungen nichts miteinander zu tun hätten. Bei näherer Überlegung kommt man aber zu einem ganz andern Schlusse. Berücksichtigt man nämlich, daß nicht das ganze Niederschlagswasser in den Boden eindringen kann, da eine größere Menge desselben oberflächlich abfließt, und ein beträchtlicher Teil verdunstet (besonders im Sommer), daß ferner im Sommer durch die Vegetation dem Boden Wasser entzogen wird, ehe es in tiefere Schichten gelangen kann,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 537.

so wird man einsehen, daß die angeführten Umstände für den Grundwasserstand von großer Bedeutung sein müssen.

Der Wasserabfluß ist im Sommer, in dem die Niederschläge mit größerer Intensität auftreten (d. h. es fällt mehr Regen in kürzerer Zeit), bedeutend größer als im Herbste oder Frühjahre, zu welcher Zeit das Niederschlagswasser (oder auch Schmelzwasser) mehr Zeit findet, in den Boden einzudringen. Im Sommer ist aber auch die Verdunstung viel größer, denn bei den höhern Temperaturen enthält die Luft immer weniger Wasserdampf, als sie im Maximum enthalten könnte, so daß stets ein Sättigungsdefizit vorhanden ist, von dessen Größe die raschere oder langsamere Verdunstung abhängt. Beachtet man noch, daß auch mehr Wasser im Sommer verbraucht wird, so läßt sich durch das Zusammenwirken aller angeführten Faktoren der jährliche Gang des Grundwassers leicht erklären. Es steigt zwar der Niederschlag vom Winter zum Sommer und erreicht sein Maximum im Juni und August, allein es ist im Sommer nicht nur der oberflächliche Abfluß und der Wasserverbrauch, sondern auch die Verdunstung am größten. Überwiegen nun die letztern, dann muß im Sommer ein Sinken des Grundwassers eintreten, wie es aus den mitgeteilten Zahlen zu ersehen ist. Dieses Sinken dauert so lange, bis Wasserzufuhr (durch den Niederschlag) und Verlust gleich groß werden, dann trifft der tiefste Stand ein. Von da an überwiegt die Wasserzufuhr, das Grundwasser steigt bis zum Mai, zu welcher Zeit wieder Zufuhr und Verlust gleich werden.

Nicht überall tritt der jährliche Gang des Grundwasserstandes in der hier beschriebenen Form auf, weil die beeinflussenden Faktoren andere Werte annehmen können. Dort z. B., wo die Sommerniederschläge größer werden, die Verdunstung aber verhältnismäßig klein bleibt, wird der jährliche Gang des Grundwasserstandes die Form der jährlichen Periode des Niederschlages annehmen, wie dies z. B. in München der Fall ist.

Eine Theorie der Kohlensäure führenden Quellen hat Professor F. Henrich aufgestellt.[1]) Die Entstehung der Säuerlinge erklärte G. Bischof 1863 in folgenden Worten: »Die Säuerlinge sind stets aufsteigende Quellen. Sie können nur entstehen, indem in größerer oder geringerer Tiefe die aufsteigenden Quellen mit Kohlensäureexhalationen in Berührung kommen. Aufsteigende Quellen aber sind mit Wasser gefüllte kommunizierende Röhren, deren einer Schenkel höher ist als der andere, aus dessen Mündung das Wasser fließt.« Hiervon geht der Autor bei seinen weitern Besprechungen aus, indem er sich besonders gegen den Schlußpassus dieser Definition wendet. Henrich nimmt nicht zwei, »sondern eine in die Tiefe

[1]) Zeitschr. f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preuß. Staate Berlin 1902 50. p. 531—557.

gehende Röhre oder Spalte an, die ihr Wasser durch zahlreiche einmündende Seitenspalten oder Haarspalten erhält. Diese ersetzen die kommunizierende wasserliefernde Röhre. Der Wasserspiegel in den Seitenspalten muß nicht über dem der Quelle, er kann selbst unter diesem liegen.« Diese Theorie wird sodann auf mathematischem Wege bewiesen, indem die einzelnen Größen, wie Wassermenge, Druckhöhe usw., in Formeln gebracht werden. Daraus ergibt sich dann auch, weshalb solche Quellen bei abnehmendem Luftdrucke mehr Wasser liefern. Der Grund ist ein doppelter: erstens, weil aus dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser mehr Kohlensäure entbunden, folglich ebensoviel Kubikmeter Wasser verdrängt werden, dann aber, weil das Volumen der frei durchströmenden Kohlensäure größer wird. Der 1. Grund kommt nur zu Anfang des sinkenden Barometerstandes in Betracht, der 2. Grund dagegen bleibt während des ganzen niedrigen Luftdruckes aufrecht. Ferner wird mathematisch bewiesen, daß »alle Sauerquellen durch Kohlensäure derart aufgetrieben« werden, »daß die in der Quellenröhre frei aufsteigende Kohlensäure so viel Wasser verdrängt, als sie selbst Raum einnimmt,« daß dagegen ein Auftrieb in der Weise, daß die Wassersäule durch die Gasblasen gehoben würde, nur in ganz verschwindendem Ausmaße zu beobachten ist. Diesen Ausführungen schließen sich dann noch noch zwei weitere Kapitel an, in welchen zahlreiche bestätigende Versuche besprochen und eine Anwendung der Theorie auf erbohrte Säuerlinge gemacht wird.

Über die Entstehung und die Rolle des Erdöles hat H. Höfer weitere Studien veröffentlicht.[1]) Zunächst knüpft er an seine frühern Ergebnisse an, in welchen darauf hingewiesen wurde, daß die Erdöl begleitenden Wasser meist vollständig frei von Sulfaten gefunden wurden, da Erdöl und dessen Gase auf das Wasser reduzierend wirken, und der Schwefel bei Hinzutritt der Luft aus dem sich bildenden Schwefelwasserstoffe ausscheidet. Diese Erscheinung bringt es mit sich, daß die Chlorbaryumprobe bei Schürfungen auf Petroleum einen wichtigen Behelf abgibt.

Bezüglich des Einflusses der Bitumen auf die Sulfate im Wasser wird gezeigt, daß dabei eine Umwandlung der Sulfate in Sulfide oder Karbonade (Bikarbonate) und begleitenden Schwefelwasserstoff vor sich geht.

Was die Entstehung des Erdöles anbelangt, so wird jene als die zutreffendste hingestellt, welche die Bildung der Erdöllagerstätten auf die plötzliche Massenvertilgung von Meerestieren zurückzuführen sucht. Daß solche Massenmorde nicht einmal besonders selten vorkommen, zeigen viele Beobachtungen, und sind in dieser Richtung die Aufzeichnungen von Prof. A. Agassiz von besonderm Interesse.

---

[1]) Abh. d. Kais. Akad. d. W. Wien. Mathm.-naturw. Klasse 61. Abt. I. p. 615.

Schließlich verbreitet sich Höfer über die große Rolle, die dem Bitumen als ein Reduktionsmittel, respektive Präzipitators der Metallsulfide zufällt. Während es allgemein bekannt ist, daß durch die Einwirkung von Kohlenwasserstoffen die gelösten Sulfate der schweren Metalle zu unlöslichen Sulfiden reduziert werden, gelang es Höfer nachzuweisen, daß mitunter auch diese auf gleichem Wege in Metalle verwandelt werden können, wobei Kohle ausgeschieden wird. Die Vorkommnisse in den Kongsberger Silbergängen brachten Höfer zur Vermutung dieses Vorganges, und die angestellten Experimente haben denselben nicht nur vollauf bestätigt, sondern auch die vielfache Auffindung von »Organolithen« erklärt. Als weitere Belege für diese Ansichten werden zahlreiche Bitumenvorkommen in Erzdistrikten und ebenso Bitumeneinschlüsse in Mineralien zusammengestellt und umgekehrt auch angeführt, daß nicht selten Schwefelkies, Bleiglanz und Zinkblende in Mineralkohlen anzutreffen sind.

Die Höhle von Padirac schildert E. A. Martel,[1]) und E. Fugger gibt von diesen Schilderungen folgenden, das Geologische betreffenden Auszug.[2]) Ein nahezu kreisrundes Loch von 90 *m* Umfang öffnet sich in fast horizontalem Boden und reicht, sich nach abwärts noch mehr erweiternd, als senkrechter Schlund in die Tiefe. Der Einstieg geschieht durch einen künstlichen, seitwärts angelegten Schacht von 14 *m* Tiefe auf eisernen Stiegen und führt dann durch eine natürliche Grotte auf eine Terrasse in dem eigentlichen Schlund, wo sich eine Restauration befindet. Von hier gelangt man auf einer eisernen Treppe von 37 *m* Höhe zum untern Ende des vertikalen Teiles des Schlundes auf den hier abgelagerten Schuttkegel; über diesen geht ein bequemer Weg in Serpentinen, an Seitenhöhlen vorüber, in die Tiefe, etwa 100 *m* unter der Oberfläche. An der Westseite des Schuttkegels öffnet sich eine »Galerie du Ruisseau« von ca 120—150 *m* Länge, an der Ostseite desselben beginnt die eigentliche, in ihrer Hauptrichtung nach N ziehende Galerie. In der Galerie du Ruisseau befindet sich der Oberlauf, in der Hauptgalerie der Unterlauf des unterirdischen Flusses. Letztere beginnt mit der Galerie de la Fontaine (280 *m* lang, 3—8 *m* breit), in welcher der Padirac in so bescheidener Breite dahinfließt, daß neben ihm noch reichlich Raum bleibt für einen festen, trockenen Pfad. Nun folgt die Rivière Plane, eine Strecke von abermals 280 *m* Länge und ca. 8 *m* Breite, in welcher jedoch der Fluß die ganze Breite der Galerie derart ausfüllt, daß man nur zu Schiff vorwärts dringen kann; die Höhe der Galerie schwankt zwischen 6 und 60 *m*, Tiefe des Wassers zwischen 1 und 4 *m*. Nachdem sich weiterhin die Höhle bald unregelmäßig erweitert und ebenso unregelmäßig ver-

[1]) Le Gouffre et la Rivière souterraine de Padirac. Paris 1901.
[2]) Petermanns Mitteilg. 1903. Literaturbericht p. 101.

engt hat, während sich an den Wänden Tropfsteinbildungen der verschiedenartigsten Gestalten zeigen, erreicht man den Grand Dôme, einen Raum von 90 *m* Höhe, der an der Seite, 20 *m* über seiner Sohle, einen kleinen See, den Lac Supérieur, enthält. In diesem Teile der Galerie tritt der Felsboden stellenweise am Rande derselben, stellenweise inselartig, dann wieder in Form von Querriegeln aus dem Wasser hervor. Etwa 220 *m* innerhalb des innern Endes der Rivière Plane ist eine Kaskade von mehrern Metern Höhe, längs welcher Stufen abwärts führen, und nun geht die Fahrt wieder zu Schiff weiter über zahlreiche Querriegel in der bald weiten, bald engen, bald hohen, bald sehr niedrigen Galerie, wobei der Fluß den ganzen Bodenraum derselben ausfüllt. Diese Strecke hat eine Länge von ungefähr 600 *m*. Der Fluß verengt sich nun, bald tritt auf der einen, bald auf der andern Seite desselben, endlich auch zu beiden Seiten fester Felsboden auf (durch ca. 120 *m*), dann wird der Fluß wieder breiter, und nur die steilen Felswände bilden seine Ufer, bis er nach weitern 100 *m* in einem unzugänglichen Schlunde verschwindet. Die äußere Erdoberfläche steigt vom großen Schlunde an in der Richtung der Hauptgalerie, also gegen N, anfangs um 20 *m* und senkt sich von da ab bis zum Ende der Galerie um 40 *m*; der Punkt, wo der unterirdische Fluß verschwindet, liegt 105 *m* unter der Erdoberfläche, daher 125 *m* unter der Schlundöffnung, und das ganze Gefälle der Höhle vom Fuße des Schuttkegels bis zum Nordende beträgt 25 *m*. Die Länge der Höhle von der Tiefe des Schlundes bis zum Verschwinden des Flusses beträgt gegen 1700 *m*, die Galerie du Ruisseau samt dem Zugange zu derselben etwas über 200 *m*, so daß die Länge der ganzen Höhle mindestens 1900 *m* mißt mit einer durchschnittlichen Tiefe von 100 *m* unter der Erdoberfläche. Das mittlere Gefälle beträgt beiläufig 1.5 Proz.

Flüsse.

Die Flußdichte im Elbsandsteingebirge und dessen nordöstlichen Nachbargebieten bildete den Gegenstand einer Untersuchung von Dr. G. Feldner.[1]) Es besteht, bemerkt einleitend der Verf., eine Wechselwirkung zwischen dem Wasser und den Oberflächenformen des Landes, indem beide Erscheinungen einander bedingen. Hierbei ergeben sich als Resultate einmal eine beständige Niveauumgestaltung des Landes, im andern Falle eine Änderung von Form und Zahl der Wasseradern. Die Menge der Wasserfäden wird in einem bald mehr, bald weniger reichverzweigten Netze zusammengefaßt, das fast alle Teile der Erdoberfläche, wo Niederschläge stattfinden, überzieht. Dieses Netzwerk von Wasserläufen prägt nicht nur durch die verschiedene Form, Länge und Breite der einzelnen

[1]) Mitt. des Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1902. Leipzig 1903. p. 1 ff.

Rinnen, sondern vor allem auch durch die wechselnde Größe seiner Maschen der Bodenfläche eine von Ort zu Ort sich ändernde Physiognomie auf. Je enger die Maschen des Gewässernetzes, je geringer die Abstände zwischen den einzelnen Wasserfäden sind, desto mehr wird die scheinbar starre Erdkruste belebt, verändert. Mit der steigenden Zahl der Wasseradern, die den Boden durchfurchen, und mit der Entwicklung der einzelnen Wasserläufe wächst die Zahl der Punkte, an welchen das flüssige Element mit seiner zerstörenden, umformenden und neubildenden Tätigkeit einsetzen kann.

Bisher sind, wie Neumann bemerkt, noch wenig Untersuchungen über die Dichte des Gewässernetzes in bestimmten Landgebieten angestellt worden. Penck berührt diesen Gegenstand in seiner »Morphologie der Erdoberfläche. Er stellt fest: In den Zentralalpen sind aller 5—6 *km* größere Flüsse anzutreffen. Aller 2—3 *km* münden in diese wieder Nebenflüsse, so daß auf 4—9 *qkm* ein Flußlauf zu rechnen ist. Bäche münden in Abständen von ungefähr 250 *m* in die Hauptläufe.

Bezüglich der Flußdichte Deutschlands bemerkt Ratzel, daß hier aller 3 *km* ein Bach, aller 100—150 *km* ein Strom anzutreffen ist. Ferner weist Ratzel hin auf die ungleich größere Zahl der Wasserfäden in den Alpen, auf der süddeutschen Hochebene und auf dem größten Teile des baltischen Landrückens, im Gegensatze zur Wasserarmut im Sandboden der Mark und der Pegnitz. Als interessante Beispiele für den auf engem Raume bestehenden Gegensatz von Armut und Reichtum an Quellen nennt Ratzel Teutoburger Wald und Haarstrang.

Nach Gavazzi sind in Kroatien-Slavonien 9373 *qkm* (24 $^0/_0$ des Landes) und nach Müllner im österreichischen Traungebiete 785 *qkm* (18.3 $^0/_0$ des Gebietes) ohne oberirdischen Abfluß. Abflußlos sind von Australien 51.9 $^0/_0$, von Afrika 32.9 $^0/_0$, von Asien 30.6 $^0/_0$, von Europa 17.1 $^0/_0$, von Südamerika 6.6 $^0/_0$ und von Nordamerika 4.4 $^0/_0$ des betreffenden Festlandes. Über Areal- und Längenverhältnisse der Ströme hat v. Klöden eine Tabelle veröffentlicht. Endlich sei noch hingewiesen auf Strelbitzkys Messungen für Europa.

Eingehende Untersuchungen über die Dichte des Gewässernetzes in einem verhältnismäßig engbegrenzten Gebiete enthält eine Arbeit Neumanns: »Die Dichte des Flußnetzes im Schwarzwalde«.

Das Elbsandsteingebirge stellt eine geographische Einheit dar und zeigt eine ausgeprägte hydrographische Zentralisation. Es umfaßt einen Flächenraum von ca. 464 *qkm* und hat die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Hypotenuse, von 41 *km* Länge, gebildet wird durch die Linie: Bonnewitz bei Pirna — Dittersbach i. S. — Rathewalde — Hohnstein — Altendorf — Sternberg — Neu-Daubitz — Kreibitz. Die südliche Kathete, mit einer Länge von 32 *km*, verbindet die böhmischen Orte: Kreibitz — Tetschen-Bodenbach — Königswald, während die Westkathete, 29 *km*, von Königswald über Tyssa, Berggießhübel nach Pirna führt.

Der vergleichenden Betrachtung dienen die im Nordosten an das Quadersandsteingebiet angrenzenden Teile des Lausitzer Granitgebietes und das Zittauer Braunkohlenbecken. Jene umfassen die Gebiete der Kirnitzsch, Sebnitz und Polenz und bilden mit dem Quadergebiete rechts der Elbe eine hydrographische Einheit. Die Untersuchungen im Zittauer Tertiärbecken erstrecken sich auf das Neißegebiet von Grottau bis Hirschfelde und auf die angrenzenden Areale der Mandau, des Landwassers und des Kipperbaches.

Bezüglich der Methoden der Arbeit bemerkt Dr. Feldner folgendes: »Die einfachste Art und Weise, ein Bild von der Dichte des Flußnetzes zu geben, ist die von Penck angewandte, alle zwischen einmündenden Nebenläufen liegenden Teilstrecken der Flüsse und Bäche zu messen. Die Flußdichte ist umso größer, je kleiner diese Strecken sind. Einen Durchschnittswert für die Flußdichte innerhalb eines bestimmten Gebietes findet man, wenn die Gesamtlänge aller Teilstrecken durch deren Anzahl dividiert wird.

Eine andere Darstellungsweise der Flußdichte wendet Neumann in der schon genannten Arbeit an. Nach Neumanns Begriffsbestimmung ist »die Flußdichte der Quotient aus der Länge aller natürlichen Wasserläufe des betreffenden Flußgebietes durch das Areal desselben«.

Beide Methoden kommen auch in dieser Arbeit zur Anwendung; sie vermögen aber nicht, ein vollständig zutreffendes Bild von der Verteilung der Wasserfäden über ein Landgebiet zu geben. Bei der zuerst genannten Darstellungsweise kommen die so wichtigen Gebiete der Wasserscheiden überhaupt nicht in Betracht. Es fehlt hierbei ganz die so wichtige Beziehung zur Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes. Die 2. Darstellungsweise ist zwar vollkommener, denn die hier gewonnenen Relativwerte beziehen sich auf die ganze untersuchte Fläche; sie sind aber immerhin nur Durchschnittsgrößen, deren Bedeutung für das so wichtige Detailstudium nicht ausreicht. Die nach der 2. Methode gefundene Flußdichte wird nun, ohne Rücksicht auf die verschiedene Bewässerung beider Teilgebiete, den durchschnittlichen Wert für die Gesamtfläche angeben. Diese Ungenauigkeit kann auf ein geringes Maß zurückgeführt werden, wenn man die Hauptgebiete in möglichst kleine Teilflächen zerlegt. Dies geschah auch in vorliegender Arbeit.

Zu einer genauern Darstellung der Flußdichte ist noch ein 3. Verfahren möglich. Die Größe der einzelnen Bodenflächen, die von Wasserfäden umsponnen werden, also der Flächeninhalt der Maschen des Gewässernetzes, wird gemessen. Diese Flußnetzmaschen stellen Halbinseln dar, deren offene Seiten nach der Wasserscheide zu gelegen sind. Es erscheint nun unnatürlich, die Maschen an dieser Seite durch die Wasserscheiden abzugrenzen; vielmehr werden erstere durch direkte Verbindungslinien zwischen den Quellpunkten geschlossen. Die abflußlosen Gebiete der Wasserscheiden können so an die Nachbargebiete ungezwungen angegliedert werden.

Die wechselnde Größe der einzelnen Flußnetzmaschen ist der Ausdruck für das Dichteverhältnis. Die Flußdichte ist umso größer, je kleiner die Flußnetzmaschen sind.«

Als Resultat ergibt sich, daß die Darstellung der Flußnetzmaschen am deutlichsten die auffallenden Gegensätze in der Flußdichte der kleinsten Gebiete erkennen läßt. Besonders scharf tritt der Unterschied zwischen dem Lausitzer Granitgebirge auf der einen Seite und dem Elbsandsteingebirge und Zittauer Becken auf der andern Seite in der Weise hervor, daß die größte Flußnetzmasche im erstgenannten Areale 1,250 *qkm* mißt, während der größte Teil der beiden andern Gebiete aus Maschen von 1—36.712 *qkm* Flächeninhalt zusammengesetzt ist. Am auffälligsten tritt der Unterschied in der Größe der Flußnetzmaschen dort zutage, wo Lausitzer Granitgebirge und Quadergebiet aneinander grenzen.

Weser und Ems, ihre Stromgebiete und ihre wichtigsten Nebenflüsse. Das auf staatliche Veranlassung begonnene und durchgeführte Unternehmen einer eingehenden hydrographischen, wasserwirtschaftlichen und wasserrechtlichen Darstellung der einzelnen Hauptstromgebiete Preußens ist nunmehr beendigt mit der Publikation über die Weser und Ems, welche letztere in 4 Bänden, 1 Tabellenband und einem Atlas von G. Keller herausgegeben vorliegt.[1]) Wie gelegentlich des Erscheinens der Werke über Rhein, Elbe und Oder, so wird nachstehend auch über die allgemeinen geographischen, geologischen und hydrographischen Verhältnisse der beiden Ströme Weser und Ems gemäß den Darlegungen des genannten Werkes hier berichtet.

In orographischer Beziehung zerfällt das Gebiet der Weser und Ems in 2 Hauptabschnitte, von denen der erste zur mitteldeutschen Gebirgsschwelle gehört, welche nicht nur die Berglandschaften Mitteldeutschlands, sondern auch diejenigen Norddeutschlands, wie den Harz, die Wesergebirge und andere umfaßt. Der 2. Hauptabschnitt liegt im norddeutschen Flachlande, dem sich naturgemäß die zur Ems entwässernden kleinen Moorteile Hollands anschließen. Auch in geologischer Beziehung ist diese Einteilung eine gut begründete. Während die Gesteine der mitteldeutschen Gebirgsschwelle vorwiegend paläozoischen, mesozoischen oder tertiären Alters sind, ist fast das ganze Flachland von mächtigen diluvialen und alluvialen Ablagerungen bedeckt.

Der höchste Punkt des Emsgebietes, auf der Wasserscheide unweit der Emsquelle und des hydrographischen Knotenpunktes zwischen Ems-, Weser- und Rheingebiet gelegen, hat + 398 *m* Meereshöhe. Im Wesergebiete dagegen, dessen größerer Teil auf der mitteldeutschen Gebirgsschwelle liegt, reicht mehr als die Hälfte über die + 100 *m*-Linie, und der höchste Punkt, der Brocken (+ 1142 *m*), der ebenfalls auf der Wasserscheide, aber weitab von den Quellen der Werra und Fulda, ja noch nördlicher als die Vereinigung dieser Flüsse liegt, hat fast die dreifache Höhe wie jener des Emsgebietes.

In dem Gesamtgebiete der beiden Ströme sind Vertreter der ganzen in Deutschland bekannten geologischen Formationsreihe vorhanden. Die paläozoischen Formationen treten hauptsächlich im Harze, im Thüringerwalde und im rheinisch-westfälischen Schiefergebirge auf. Die ältesten

[1]) Berlin, Verlag von Dietrich Reimer.

Schichten, die dem Kambrium und der Silurformation angehören, kommen nur in geringer Ausdehnung vor. Größern Anteil an der Bildung der Oberfläche hat die Devonformation. Die Schichten dieser ältesten Formationen sind hier durchweg Meeresabsätze. Die Steinkohlenformation dagegen besteht sowohl aus marinen wie aus terrestern Bildungen; jedoch nehmen die erstern den größern Raum ein, wogegen die letztern, das produktive Karbon, nur in der Umgebung Osnabrücks zutage treten. Zur Zeit der Ablagerung der auf das Karbon folgenden Formation traten in dem hier behandelten Gebiete große Umwälzungen in der Erdrinde ein; während die untere Abteilung der Dyas, das Rotliegende, sich noch in regelmäßiger Weise auf den ältern Schichten ablagert, legt sich die jüngere Abteilung, der Zechstein, diskordant auf. Vorwiegend wohl der leichten Zerstörbarkeit seiner Gesteine wegen, hat der Zechstein keinen sehr großen Anteil an der Bildung der Oberfläche. Großen Raum nimmt dagegen die Trias in dem Lande zwischen den obenerwähnten aus paläozoischen Gesteinen bestehenden Gebirgen ein.

Die Trias besteht aus den 3 Gliedern: Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper. Die Hauptmasse des Buntsandsteins besteht, dem Namen entsprechend, vorwiegend aus Sandstein; nur die oberste Abteilung, der Röt, wird aus Mergeln und weichen, stark tonhaltigen Sandsteinen gebildet. Während die beiden untern Abteilungen in ihren Verwitterungsprodukten einen sandigen, durchlässigen Boden bilden, der vorwiegend Waldungen trägt, entsteht aus den Gesteinen des Röt ein schwer durchlässiger, guter Ackerboden. Bei dem Muschelkalke, ebenfalls dem Namen entsprechend vorwiegend aus Kalkgestein zusammengesetzt, ist die mittlere Abteilung diejenige, welche infolge ihrer tonigen Schichten Undurchlässigkeit zeigt, und den bessern Ackerboden liefert unter der im Gebirge gewöhnlich zutreffenden, auch für den Röt gültigen Voraussetzung, daß das Wasser den nötigen Abfluß hat. Wechselvoller ist meist die Zusammensetzung des Keupers, aus Mergeln, Letten, Sandsteinen, Kalken und Gips bestehend.

Auch in der Juraformation, die zwar im Gebiete weit verbreitet ist, aber doch nicht in so ausgedehntem Maße an der Bildung der Oberfläche teilnimmt, befindet sich ein großer Wechsel in den Gesteinen. Ton, Eisenstein, Kalk, Mergel, Dolomit und Sandstein sind die Hauptgesteine. Für die Wasserverhältnisse sind insbesondere die Tone, die hauptsächlich in der untern Abteilung, dem Lias, vorkommen, wegen ihrer Undurchlässigkeit von Wichtigkeit, namentlich in der Gegend zwischen dem Teutoburgerwalde und Wiehengebirge. Im allgemeinen sind die Gesteine des Lias weicher und leichter zerstörbar als diejenigen des Braunen und des Weißen Jura.

Gegen Ende der jurassischen Zeit zog sich das Meer, dessen Sedimente die Gesteine der ältern Formationen bildeten, aus einem Teile des hier in Frage kommenden Landes zurück; daher finden sich zwischen Jura und Kreide wieder vorübergehend terrestrische Bildungen, Kohle und Süßwassersedimente, eingeschaltet, die als Wealden oder Wälderformation bezeichnet werden. Der Deister, die Rehburger Berge sind z. B. aus solchen Gesteinen aufgebaut. Während der Kreidezeit traten erneut größere Umwälzungen ein, infolge deren wieder marine Ablagerungen diejenigen des Wealden bedeckten. Unter den mannigfaltigen Gesteinen herrschen im Hils und Gault, die man als Untere Kreide zusammenfaßt, Sandstein, Ton und Mergel vor, während in der Obern Kreide, im Cenoman, Turon, Senon, verschiedenartige Kalke den größten Anteil an der Zusammensetzung haben. — Im Tertiär wechseln mehrfach marine und terrestre Bildungen; erstere sind vorwiegend Sande und Tone, letztere Braunkohlen; daneben besitzen im Wesergebiete die eruptiven Basalte große Bedeutung besonders im Vogelsberge und in der Rhön.

Der Wechsel zwischen marinen und terrestren Ablagerungen erlangt mit Beginn der Diluvialzeit eine Bereicherung, da nunmehr Ablagerungen des Inlandeises und seiner Schmelzwasser hinzutreten. Seit dem Beginne

der 80er Jahre ist man zu der wohl begründeten Überzeugung gekommen, daß eine mächtige Eisdecke bis in die Täler unseres Mittelgebirges hinein vorgedrungen ist und das Flachland unter sich begraben hat, nachdem vorher bereits ihr Schmelzwasser über dasselbe fortgeströmt, und der in ihm enthaltene Schutt als Sand und Ton abgesetzt worden war. Für die östlicher gelegenen Teile Norddeutschlands ist man genötigt, eine mehrmalige Eisbedeckung anzunehmen; in den zu Weser und Ems gehörigen Gegenden hat man jedoch bislang nur Spuren einer einmaligen Vereisung gefunden. Neben den Ablagerungen des Schmelzwassers beim Vor- und Rückgehen des Eises erlangen die Moränen große Bedeutung, insbesondere der Geschiebelehm und Geschiebesand, sowie die stellenweise vorhandenen Anhäufungen von mächtigen Blöcken. In den südlichern Gegenden, die von der glazialen Ablagerung nicht erreicht wurden, gelangte während dieser Zeit der Löß zur Ablagerung, ein schwach toniger Lehm, der vielfach die Gehänge der Täler bedeckt. Die Jetztzeit oder Alluvialperiode, welche mit dem Diluvium als Quartär zusammengefaßt wird, setzt an dem Zeitpunkte ein, als die Wirkung der nordischen Eismassen sich im deutschen Flachlande nicht mehr bemerkbar machte, als selbst ihr Schmelzwasser dasselbe nicht mehr erreichte, und die einheimischen Gewässernetze, unbeeinflußt durch jene fremden nordischen Wassermassen, sich in ihrer heutigen Gestalt ausbilden konnten. Reste diluvialer Wasserläufe finden sich auch im Gebiete der Weser, und zwar gehören hierher jene Niederung, die im Drömling von der Wasserscheide zwischen Aller und Elbe überschritten wird, und das breite Tal des Oscherslebener Bruches, das die Harzer Vorberge von Westen nach Osten durchzieht. Im allgemeinen weist das Flachland im Westen weniger solch langgestreckte breite Rinnen auf wie die Gegend östlich der Elbe; vielmehr traten an deren Stelle ausgedehnte Ebenen von unregelmäßigem Umrisse und mit mehrfachen Ausgängen. Als Ablagerungen der Jetztzeit kommen in Frage: die Sedimente der Flüsse, der Torf der Moore und der Sand der Dünen. Alle drei nehmen im Weser- und Emsflachlande verhältnismäßig großen Raum ein.

1. Die Weser. Die Weser, aus der Vereinigung von Werra und Fulda entstehend, wurzelt in der Mitte Deutschlands und bleibt ebenso wie die Ems in ihrem ganzen Laufe auf deutschem Boden. Das Gebiet beider Flüsse hat eine Größe von 58030 *qkm*, wovon auf die Weser 45548 *qkm* entfallen.

Der Hauptquellfluß der Weser ist die Werra und deren Hauptquellbach die »Trockene Werra« oder Saar, die in + 780 *m* Höhe unter 50° 28′ nördl. Br. und 28° 42′ 20″ östl. L. etwa 10.5 *km* ostnordöstlich vom Eisfeld entspringt.

Dafür, daß die Werra das erste Anrecht hat, als Hauptquellfluß der Weser zu gelten, sprechen hauptsächlich die an den Namen geknüpften historischen Überlieferungen, da Werra und Weser nur mundartlich verschieden entwickelte Formen desselben Wortes (Wisaraha, Wirraha) sind. Auch verfolgt die Weser unterhalb Münden zunächst dieselbe Richtung, die vorher von der Werra eingeschlagen worden ist, und deren Länge ist beträchtlich größer als die der Fulda. Unter gewöhnlichen Verhältnissen führt sie etwa gleich viel Wasser ab wie die Fulda, obgleich ihr Niederschlagsgebiet fast 1/4 kleiner ist; nur bei Hochwasser bringt die Fulda eine bedeutend größere sekundliche Abflußmenge und übernimmt die Führung der Flutwelle in der Weser. Beide Flüsse können als annähernd gleichwertig gelten, und wir folgen dem heutigen Sprachgebrauche, indem wir als Anfangspunkt der Weser ihren Zusammenfluß ansehen, die Gebietsflächen der beiden Geschwisterflüsse aber als gemeinsames Quellgebiet des Weserstromes betrachten.

Der Teil der Weser vom Vereinigungspunkte der Werra und Fulda bis zum Austritte aus dem Mittelgebirge heißt von jeher Obere Weser. Der Teil bis zur Einmündung der Aller kann füglich als Mittlere Weser und der unterhalb befindliche als Untere Weser bezeichnet werden, während die Bremer nur den im Gebiete der Ebbe und Flut liegenden Teil der Weser

als Unterweser und den ganzen Binnenstrom als Oberweser bezeichnen. Die beiden größten Nebenflüsse der Obern Weser sind die aus dem rheinisch-westfälischen Schiefergebirge stammende Diemel und die nahe beim Teutoburgerwalde entspringende Werre. Das mittlere Wesergebiet umfaßt die Gebietsflächen aller teilweise noch aus dem Mittelgebirge kommenden Wasserläufe des Flachlandes, die sich oberhalb der Allermündung in die Weser ergießen. Während rechts durch die Nähe der Leine das Gebiet schmal ist, besitzt links namentlich das Gewässernetz der Großen Aue eine reiche Gliederung und ansehnlichen Flächeninhalt. Beträchtlich umfangreicher ist das Untere Wesergebiet, dessen namhafte Wasserläufe jedoch erst in die der Tideerscheinung unterliegende Strecke des Weserstromes unterhalb Bremen münden, so auch die vom Wiehengebirge kommende Hunte, die von Oldenburg ab ein Tidefluß ist. Die Gebietsflächen der Flüsse, die sich zur Aller vereinigen, zeigen auf etwas engerm Raume ähnliche Gegensätze, wie sie zwischen dem Weserquellgebiete und Obern Wesergebiete einerseits, dem Mittlern und Untern Wesergebiete anderseits bestehen. Die Leine mit der Innerste und die Oker sind Abkömmlinge des Gebirges und unterscheiden sich wesentlich von der dem Flachlande angehörigen Aller. Schon in der Niederung des Drömlings, wo Oberlauf und Mittellauf der Aller sich gegeneinander abgrenzen, gewinnt der Fluß die Eigenart der Flachlandgewässer in so hohem Grade, daß auch die weiter unterhalb links mündenden Nebenflüsse aus dem Gebirgslande hieran nichts ändern können, zumal diese selbst bereits vorher in das Flachland eingetreten sind, und die rechtsseitigen Zuflüsse sämtlich dem Flachlande entstammen. Als Unterlauf der Aller gilt zweckmäßig die schiffbare Strecke von Celle abwärts.

Die Werra erhält im Mittellaufe ihren größten Zuwachs durch die Hörsel und später durch die Frieda. Der 2. Quellfluß der Weser, die Fulda, entsteht an der Hohen Rhön durch die Vereinigung mehrerer kleiner Bäche, von denen der Hauptquellbach (im Fuldabrunnen) bis + 855 *m* hinaufreicht. In ihrer ganzen Länge ist die Fulda mit Ausnahme des geräumigern Talkessels bei Kassel mehr oder weniger tief in den Buntsandstein der von ihr durchflossenen Berg- und Hügelzüge eingeschnitten. Die Talwände, die teils sanfte, teils schroffe Hänge aufweisen, nehmen flußabwärts im allgemeinen an Höhe zu und steigen in dem engen Tale der untersten Strecke zu den Kuppen der naheliegenden Höhen bis zu 180 *m* auf. In den zahlreichen Schleifen, die darauf hinweisen, daß es sich um ein Erosionstal handelt, sind die einspringenden Talwände meist steil, die vorspringenden aber meist flach geböscht. Im Mittellaufe, der bis zu dem größten Zuflusse der Fulda, der Eder, reicht, wie auch in der obersten Strecke des Unterlaufes bis Kassel hin verändert sich die Breite des Talkessels wiederholt, bei Kassel selbst besitzt die im Tale eingebettete Alluvialniederung eine Breite von 2—3 *km*. Gleich unterhalb, bei Wolfsanger, tritt die Fulda in ein Engtal, das schließlich in den 1 *km* breiten Mündener Talkessel übergeht, in dem sich Werra und Fulda zur Weser vereinigen.

Von Münden aus nimmt der Strom, welcher jetzt den Namen Weser führt, zunächst seinen Weg in nordnordwestlicher Richtung, umgeht dann aber bald den vortretenden Solling mit scharfem Doppelknick auf der Westseite. Nach einem kurzen nach Norden gerichteten Laufe schwenkt er darauf aber, durch die Richtung der vom Harze herüberstreichenden Bergzüge veranlaßt, in einem weit ausholenden Bogen mit ziemlich gleichmäßiger Krümmung allmählich in westliche Richtung herum. Der Bogen endet kurz vor der Weserscharte, durch die der Strom nach wiederholten kurzen Biegungen nach Osten nordwärts in das Flachland eintritt. Die Stromentwicklung beträgt auf der 198.6 *km* langen Strecke im Verhältnis zur Luftlinie 86.0%, ist aber in einzelnen kürzern Strecken noch größer. Die Talentwicklung oberhalb Veltheim wird dadurch bedingt, daß der Strom hier nicht einem selbstgebildeten Wege, sondern den Spuren eines vorgeschichtlichen Stromes folgt. Schroffe Richtungsänderungen kommen

nicht nur in weitausholenden Schleifen, sondern auch in kürzern Biegungen vor; indessen gehen hierbei die Halbmesser der Stromkrümmung selten unter 200 *m* hinunter. Stromspaltungen kommen nur an wenigen Stellen vor und sind hier meist durch Ablagerungen schwerer Geschiebe, die entweder von den Talwänden unmittelbar oder durch wildbachartige Seitengewässer in den Strom gelangt sind, entstanden. Auch die Stromspaltung bei Hameln ist wahrscheinlich dadurch verursacht, daß der Strom durch die Schuttablagerung der Hamel hart gegen den Klütberg gedrängt worden ist.

Das Stromtal ist an der Obern Weser überall, auch wo es sich niederungsartig erweitert, von deutlich ausgeprägten Talwänden begrenzt, die nur an der Einmündung von Seitentälern durch mehr oder minder breite Einsenkungen unterbrochen werden.

Die ursprünglich vorhanden gewesene Breite des Stromes ist durch den Ausbau verwischt worden; man kann sie jetzt nur noch schätzen nach der Breite zwischen den Uferrändern, die sich inzwischen nur wenig verändert hat. Diese ergibt sich im Mittel für die Strecke bis Karlshafen zu etwa 100 *m*, von da bis zur Emmermündung zu etwa 120—130 *m* und weiter unterhalb zu ungefähr 130—140 *m*.

Das Gebiet der Mittlern Weser umfaßt das Einzugsgebiet aller Seitenzuflüsse der Weser, die zwischen der Weserscharte und der Allermündung hinzutreten. Es gehört fast vollständig dem Flachlande an. Nur im Süden wird es von größern Erhebungen begrenzt, und zwar östlich der Weser durch die Weserkette und westlich des Stromes durch das Wiehengebirge; davor breitet sich im Osten das Aller-Weserflachland aus, in dem nur einzelne geringe Erhebungen vorhanden sind, und im Westen die Minden-Diepholzer Ebene, die im Norden durch die nordwestdeutsche Bodenschwelle abgeschlossen wird.

Das weite Flachland von der Weserscharte ab durchfließt die Weser in nordnordöstlicher Richtung fast in der ganzen Länge des hier in Betracht stehenden Gebietes. Erst in der Nähe von Hoya biegt der Strom nach Nordwesten um, wendet sich dann aber scharf nach Norden und bleibt in dieser Richtung bis zur Einmündung der Aller. Trotz dieses nur wenig von der die Endpunkte verbindenden Luftlinie abweichenden Laufes besitzt der Strom auf der ganzen hier betrachteten Strecke eine sehr starke Entwicklung, die bei 128.3 *km* Lauflänge und 79.8 *km* Entfernung in der Luftlinie 60.8 % beträgt.

Eine ausgeprägte Talbildung findet sich an der Mittlern Weser nur auf der obersten Strecke bis unterhalb Ovenstädt. Dann verflacht sich das Tal, indem es sich nach beiden Seiten zu weiten Ebenen ausdehnt; erst unterhalb Liebenau, wo auf der linken Seite die nordwestdeutsche Bodenschwelle bis an die Weser herantritt, ist wieder eine schärfere Begrenzung des Tales bemerkbar. Der Boden innerhalb der Talstrecke bis Ovenstädt besteht fast durchweg aus Lehm, dessen Zusammensetzung aus Ton und Sand stark wechselt. Auch weiter unterhalb findet sich vielfach tiefgründiger, fruchtbarer Lehmboden. Unter diesen nicht unter 1.5 *m* mächtigen Lehmschichten ist feinsandiger Grand vorhanden, der aber in der Tiefe allmählich gröber wird; nur selten reicht indessen der Lehm bis zum Niedrigwasserspiegel abwärts. Anderseits bestehen die hochwasserfreien Ufer unterhalb Schlüsselburg gewöhnlich aus Sandboden. Die Stromsohle ist meist mit wandernden Geschieben bedeckt; nur an einzelnen Stellen sind ältere Bildungen vertreten; so sind bei Schlüsselburg dunkle Tone der Kreideformation vorhanden. Die Ablagerungen der Eiszeit sind meist ausgewaschen; eine bedeutende Anhäufung von Geschieben bilden die Liebenauer Steine, mehrere aus grobem Geschiebe bestehende Riffe, die aber zur Verbesserung der Schiffahrtsstraße schon teilweise beseitigt worden sind.

Die Aller ist der Hauptnebenfluß der Weser. Sie entspringt auf den Helmstedter Höhen in Eggenstedt, durchfließt auf ihrer obersten Strecke die Ausläufer der Harzer Vorberge, tritt dann aber bei Öbisfelde vollständig

in das Flachland ein, indem sie hier nach Nordwesten umschwenkt und nunmehr ohne wesentliche Änderung dieser Richtung der Weser zufließt, die sie unterhalb Verden erreicht. Trotz dieser einfachen Grundrißgestaltung ist die Entwicklung des Flußlaufes nicht unbedeutend; sie beträgt für den ganzen 262.9 *km* langen Fluß bei einer Entfernung zwischen Quelle und Mündung in der Luftlinie von 171.0 *km* 53.7%.

Das Tal der Aller ist nur an ihrem Oberlaufe enger; doch sind auch hier die Talwände im allgemeinen nicht steil geböscht. Nach Eintritt des Flusses in das Flachland breitet sich das Tal weit aus, namentlich nach Süden zu, wo es ganz allmählich in die Harzer Vorberge übergeht. Im Norden wird das Tal durch die Lüneburger Heide begrenzt, die aber mit ihren Abhängen meist nicht bis an den Fluß heranreicht, da sich hier am Fuße der Heide ausgedehnte Moore hinziehen. Nur an wenigen Stellen treten einzelne Ausläufer bis hart an den Fluß heran und bilden dann hier steil abfallende Hochufer. Im Mittel- und Unterlaufe werden die Ufer vielfach von dünenartigen, sandigen Erhebungen begleitet, die im Anfange ziemlich nahe am Flusse bleiben, nach der Mündung hin sich aber mehr von ihm zurückziehen.

Das Bett der Aller ist in ihrem Oberlaufe in leichtem Lehm- oder Sandboden eingeschnitten; da aber die lehmigen Bestandteile vom Wasser leicht ausgewaschen und fortgeführt werden, besteht die Sohle des Bettes hier meist aus Sand. Nach dem Eintritte des Flusses in den Drömling durchschneidet er Moorboden; doch findet man auch hier auf der Sohle Sand, der aus den obern Strecken hineingetrieben ist. Weiter unterhalb, wo der Talboden sandig wird, bestehen auch Sohle und Ufer meist aus Sand; doch ist hier auch Kies vorhanden, der durch die Nebenflüsse, namentlich durch die Oker, zugeführt wird.

Der bedeutendste Zufluß der Aller ist die Oker, deren Hochfluten bisweilen nicht unbeträchtliche Anschwellungen in der Aller hervorrufen. Als eigentlicher Quellbach der Oker kann die Große Oker angesehen werden, die am Fuße des Bruchberges im Oberharze in + 839 *m* Höhe entsteht. Indessen wird dieser Quellbach sehr bald durch den Dammgraben abgefangen, der das Wasser einer Anzahl kleinerer Wasserläufe aufnimmt und zu einer größern Zahl von Sammelteichen, die im Gebiete der Innerste liegen, führt, von denen aus es dann in den dort vorhandenen Bergwerk- und Hüttenbetrieben zur Verwendung gelangt. Die Große Oker vermag daher nur bei stärkern Regenfällen Wasser an die unterhalb gelegenen Strecken abzugeben.

Im allgemeinen nimmt die Oker schon in ihrer Harzstrecke die Nordrichtung auf, die sie später, ohne wesentlich von der Luftlinie abzuweichen, auch beibehält. Trotzdem sie viele kleinere und größere Biegungen im einzelnen macht, ist deshalb ihre Entwicklung nicht gerade sehr erheblich; sie beträgt für den ganzen 125.2 *km* langen Lauf 49.9%. Außerordentlich stark ist das Gefälle des Flusses im Oberlaufe, noch stärker aber in einzelnen kürzern Strecken. Auch in dem Vorlande des Harzes ist es zunächst noch immer recht beträchtlich, vermindert sich aber später erheblich. Im Harze ist das Okertal schmal und von steilen Wänden eingefaßt; dabei nimmt die Tiefe desselben nach dem Harzrande zu, so daß die Talsohle hier stellenweise bis zu 400 *m* unter den benachbarten Kuppen liegt. Nach dem Austritte aus dem Harze erweitert sich das Tal sofort erheblich und flacht sich auch ganz bedeutend aus. Die Sohle ist hier mit Schottermassen bedeckt, die der Fluß aus der Harzstrecke mitgeschleppt hat. Weiterhin in den Harzer Vorbergen weitet sich das Tal mehr und mehr aus und geht bald unterhalb Braunschweig völlig in die Ebene über. Das Flußbett ist dabei im Harze meist in das feste Gestein eingeschnitten und mit gröberm Gerölle, das von den steilen Hängen des Tales herabgerollt ist, übersät. In der folgenden flachern Strecke liegt das Bett durchgehends in Schotterablagerungen, in denen es sich vielfach verzweigt, auch mancherlei Veränderungen ausgesetzt ist. Unterhalb Vienenburg nehmen die Ablagerungen

an Umfang und Größe der Geschiebe ab, und bald darauf bewegt sich der Fluß in aufgeschwemmtem Boden.

Der Lauf der Untern Weser ist wesentlich vorgezeichnet durch das rechtsseitige Höhenland der Lüneburger Heide und ihrer Ausläufer, die sich als Geestrücken mehrfach bis an den Strom heranziehen und ihn auf längern Strecken begleiten. Der Weserlauf nimmt hier von der Mündung der Aller ab die nordwestliche Richtung auf, die dieser bedeutendste Nebenfluß in seiner untersten Strecke hat. Erst bei Elsfleth wendet sich die Weser nach Norden und nimmt ihren Weg in dieser Richtung nach der Nordsee zu. Von Geestemünde ab, wo der Strom zuletzt den Rand des Geestlandes berührt, fließt er schließlich in einem durch die Wirkung von Ebbe und Flut mächtig erweiterten Bette durch das Wattenmeer als Außenweser nach Nordwesten in das freie Meer hinaus. Die Laufentwicklung des Stromes von der Allermündung ab ist beträchtlich geringer als in der vorhergehenden Strecke des Flachlandes. Die Krümmungsverhältnisse sind in dem obern Abschnitte bis zur Tidestrecke nicht wesentlich anders als an dem oberhalb gelegenen Laufe des Stromes; auch hier finden sich noch scharfe Ausbuchtungen, deren Halbmesser nicht selten bis auf 250, ja 200 *m* hinabgehen. Im Tiedegebiete finden sich dagegen nur noch an einzelnen Stellen oberhalb Bremen Stromkrümmungen mit etwa 400 *m* Halbmesser, während unterhalb Bremen die Halbmesser nicht unter 1000 *m* hinabgehen. Das Gefälle des Stromes, das schon an der Mittlern Weser stromabwärts allmählich mehr und mehr abnahm, wird unterhalb der Allermündung noch geringer; während es für die ganze Mittlere Weser bei Mittelwasser im Durchschnitte 0.280 ‰ (1:4848) betrug, sinkt es an der Untern Weser oberhalb des Tidegebietes bis auf durchschnittlich 0.188 ‰ (1 : 5308).

Der größte Nebenfluß der Untern Weser ist die Hunte. Sie entsteht auf der Südseite des Hauptzuges des Wiehengebirges, zwischen diesem und dem südlich davor gelagerten Osnabrücker Höhenlande bei O.-Holsten aus mehrern Quellbächen, von denen der Hauptbach in + 170 *m* Höhe entspringt. Der aus der Vereinigung der Quellbäche hervorgehende Wasserlauf nimmt zunächst seinen Weg nach Osten parallel zum Zuge des Wiehengebirges, wendet sich aber bald nach Norden und durchbricht dieses in einem engen, schluchtartigen Tale. Die nordnordwestliche Richtung, mit der die Hunte aus diesem Durchbruchstale heraustritt, behält sie im allgemeinen bis in die Gegend von Bohmte bei; hier macht sie zunächst eine scharfe Biegung nach Westen, biegt dann aber rechtwinklig nach Norden um und fließt in dieser Richtung dem etwa 15 *qkm* großen Dümmersee zu, aus dem sie auf seiner Nord- und Ostseite mit mehrern Armen austritt. Abgesehen von vielen kleinern Wasserläufen, sind es folgende 4 Hauptläufe, mit denen sie den See verläßt: die Alte Hunte (Wäteringe), die Lohne, die Grawiede und der Omptedakanal. Wahrscheinlich ist früher die Alte Hunte der einzige größere natürliche Abzug des Sees gewesen; nichtsdestoweniger haben die künstlich hergestellte Lohne, die den Flecken Diepholz durchfließt, und Grawiede jetzt für die Wasserabführung mehr Bedeutung. Nach und nach vereinigen sich die Arme wieder miteinander, so daß der Fluß von unterhalb Heede, nördlich von Diepholz wieder in einem einheitlichen Bette fließt. Bald darauf wendet er sich aus der nordöstlichen Richtung, die er zuerst nach der Wiedervereinigung aller Arme hat, nach Nordwesten und durchfließt in dieser Richtung die nordwestdeutsche Bodenschwelle, sowie das nordwärts davon gelegene flache Gelände bis Oldenburg hin; hier wendet er sich in großem Bogen nach Ostnordost und erreicht in dieser Richtung die Weser jenseits der Tidegrenze bei Elsfleth.

Unterhalb der Allermündung, bei Achim, beginnt eine schmale Dünenzunge zwischen Weser- und Wümmeniederung, die zwischen Dünen mit Deichen und hochwasserfreien Dämmen abgeschlossene Einsenkungen aufweist, die mit den benachbarten Marschen in gleicher Höhe liegen. Auf einer Verbreiterung des Dünengeländes ist die Stadt Bremen erbaut worden,

zwar mitten in ehemals sumpfigen Niederungen, aber doch an der für den Verkehr bestgeeigneten Stelle, da hier das linksseitige Höhenland dem rechtsseitigen Sandstreifen ziemlich nahe kommt und wegen seines flachen Anstieges zur Herstellung von Verkehrswegen gut geeignet erscheint.

Das ganze Gebiet hier war in der Vorzeit eine Meeresbucht, und noch vor wenigen Jahrhunderten führten einige Mündungsarme der Weser nach dem Jadebusen. Auch läßt das starke Talgefälle bei Bremen vermuten, daß hier das von den Schwankungen des Meeres abhängige Mündungsbecken des Stromes seit langer Zeit sein oberes Ende gefunden hat; am Fuße des vom Binnenstrome geschütteten Schuttkegels begann hier seewärts das eigentliche Delta. Wahrscheinlich hat die Weser, als ihre innere Deltabildung derartig weit vorangeschritten war, daß sie einen kräftigen Hauptarm schaffen konnte, diesen zunächst auf dem kürzesten Wege nach dem äußern Mündungsbecken, d. h. nach der bei Bremen beginnenden Nordseebucht, längs der linksseitigen Talwand hergestellt. Die vom Hauptkanale der Bruchhausen—Syker Melioration durchzogene Bodensenke, das Bruchgelände bis zur Ochtum und an diesem Wasserlaufe entlang würde dann den Zug des ursprünglichen Weserbettes anzeigen, dem noch in den 40er und 50er Jahren zuweilen ein namhafter Teil des Weserhochwassers gefolgt ist. Aller und Weser flossen damals bis in die Gegend von Bremen getrennt und vereinigten sich erst an der Südspitze jener Nordseebucht oder kurz zuvor. Je mehr die Ausfüllung dieser Bucht mit Marschinseln vor sich ging, umsomehr wurde der alten Weser die Weiterführung ihrer Geschiebe bis zum Meere erschwert und umso größer das Bestreben, aus ihrem hierdurch höher geschütteten Bette nach rechts auszubrechen, wo die minder geschiebereiche Aller in einem damals tiefer liegenden Teile der Niederung floß. So mag die Vereinigung von Weser und Aller nach Dreye und später nach jener breiten, offenbar lange Zeit von großen Wassermassen benutzten Bruchsenke, die jetzt von der Eyter durchzogen wird, verlegt worden sein. Hiermit war die Grenze des deutlich ausgeprägten Schuttkegels erreicht, und nunmehr waren die Hindernisse auf den zum Meere führenden Wegen überall gleich groß. Einige Zeit hindurch scheint der Hauptarm von Hoya nordwärts nach der Emte zur Aller geflossen zu sein, mit der er sich am Badener Berge vereinigte. Auch gegen Nordosten dürfte die Weser zeitweise ihren Lauf genommen haben, um bei Wahnebergen oberhalb Verden das Allertal zu erreichen. Gerade der südöstliche Teil der Niederung ist mit einem solchen Gewirr von Altläufen durchsetzt, daß hier gewiß sehr oft Verlegungen des Stromlaufes stattgefunden haben. Seine jetzige Lage hat er vermutlich erst eingenommen, nachdem die Geschiebeführung bereits viel geringer als früher geworden war, weshalb das hierdurch weniger als zuvor beanspruchte Arbeitsvermögen des Stromes in dem gefällreichen Hange des Schuttkegels überaus scharfe Schleifen ausnagte.

Immerhin brachten die Weser und Aller gemeinschaftlich genügende Massen von Sand und tonigen Sinkstoffen nach der vorher schon in Aufhöhung begriffenen untern Strecke des Oberlaufes (Baden—Bremen), um diese und den neben ihr liegenden Teil der Niederung auf der rechten Seite höher aufzulanden, als die linke Seite lag. Umgekehrt wie in der Vorzeit, bestand deshalb nun das Bestreben, von rechts nach links auszubrechen, und bei größern Hochfluten hat dies der Strom durch Rückstau in die Eyter und Abfluß nach der Ochtum auch öfters getan, zuletzt noch im März 1881. Hier war demnach wiederum eine größere Stromverlegung in Aussicht, als durch Anlage der Deiche der Zustand, wie er sich zufällig bis zur Zeit der Eindeichung entwickelt hatte, festgelegt und späterhin verteidigt wurde. Ebenso würde in der obern Strecke der Hoya—Bremer Niederung die Weser voraussichtlich neue Verschiebungen ihres Laufes erfahren haben, wenn nicht durch Eindeichung dem stetigen Wandel ein Ziel gesetzt worden wäre.

Mindestens ebenso große Veränderungen haben sich im äußern Mündungsbecken vollzogen, das vor Entstehung der Marschen und Moore zwischen

dem beiderseitigen Geestlande bis nach Bremen hinauf eine große Wasserfläche war. Allmählich entstanden dann aus den Anschwemmungen des Stromes und des Meeres umfangreiche Bänke, die am Rande der Mündungsarme infolge der reichlichen Schlickzufuhr höher anwuchsen, während sich in den zurückliegenden Teilen anfangs schwache Dargschichten und darüber die Hochmoore entwickelten. Schon in sehr alter Zeit eigneten sich diese Moore zu Niederlassungen vorzüglich, da ihre höhere Lage den Bewohnern der Marschinseln »eine gesicherte Stätte bot, wohin auch das Weidevieh gerettet werden konnte, wenn einbrechende Fluten das benachbarte niedrige, nur durch schwache Deiche geschützte Marschland überschwemmten; auch bot das Moor zugleich Gelegenheit, einigen Ackerbau zu treiben. So sind die ältesten Niederlassungen kranzartig auf der Grenze zwischen Marsch und Moor entstanden, und die Häuser wurden anfangs auf das Moor gebaut.« Die alten Mündungsarme sind durch ihre Klaiablagerungen zwischen den Mooren des Stad- und Butjadingerlandes zu erkennen und ihre Grenzen nach den teilweise noch erhaltenen alten Deichen derart zu bestimmen, daß Lasius eine Karte des Weserdeltas um das durch eine verheerende Sturmflut berüchtigte Jahr 1511 entwerfen konnte.

Bei Bremen beginnt das Gebiet der eigentlichen Marschen, die durch gemeinsame Wirkung des sinkstoffführenden Binnenstromes und der Meeresströmung entstanden sind. Uneigentlich werden an der Weser bis weit in das Binnenland hinein auch die aus tonigen und feinsandigen Ablagerungen des Stromes entstandenen Böden als Marschen bezeichnet. Der Boden der Unterwesermarschen besteht an der Oberfläche und oft bis zu großer Tiefe aus Klai oder aus einer meist schwachen Schicht von Moor, dessen Untergrund im Mündungsbecken der Weser gewöhnlich Klai bildet. Zwischen dem Klai und seinem sandigen Untergrunde lagert an vielen Stellen der sogenannte Darg, d. h. eine torfähnliche Verfilzung von Schilfpflanzen und Moosen, oder Knick, d. h. eine äußerst feste, völlig unfruchtbare Tonart. Der mit Kieselerde, Kalkteilen, Salzen und organischen Resten gemischte, vorzugsweise tonige Klai bildet den größten Teil des Marschlandes. Er ist sandiger, wo seine Ablagerung unter Einwirkung des den sandigen Meeresgrund aufwühlenden Wellenschlages stattgefunden hat, z. B. auf dem Mittelrücken des Butjadingerlandes von Tossens bis Blexen und im Marschlande bei Geestemünde. Er ist fetter, wo die Ablagerung an besser geschützten Stellen erfolgte, z. B. in den erweiterten Teilen der frühern Mündungsarme.

Moorboden findet sich hauptsächlich in den ehemaligen Hochmooren, die ehemals auf den Inseln des Mündungsbeckens entstanden waren, aber infolge der alten Kultur jetzt meistens wenig oder gar nicht höher als die angrenzenden Marschen liegen und vielfach mit einer mäßig starken Klaischicht bedeckt sind. »Seit dem Anfange des 18. Jahrhunderts«, sagt Salfeld, »rückt man hier von den Rändern unausgesetzt mit einer Melioration nach dem Innern zu, welche man Wühlen (oder Umschießen) nennt. Überall, wo unter dem Hochmoore fruchtbare Klaierde lagert und genügende Entwässerung zu beschaffen ist, wird Jahr für Jahr der schwarze amorphe Torf zu Brennmaterial hergerichtet, der obere geringwertige Moostorf zurückgeworfen und dann durch Rigolen 0.45 *m* mit Klaierde bedeckt. Der Boden wird durch diese mühsame Arbeit in kurzer Zeit so fruchtbar, daß er in seinen Erträgen auf die Dauer dem besten Marschlande gleichkommt.« Unkultiviertes Hochmoor nimmt jetzt nur noch verhältnismäßig geringe Flächen des Mündungsbeckens ein.

Der weitaus größte Teil der Wesermarschen wird durch Deiche gegen Tidehochwasser und Sturmfluten geschützt; die Vorländer der beiderseits den Stromlauf begleitenden Deichzüge und der eingepolderten Inseln haben überall nur geringe Breite. Aber nicht allein diese Vorländer, sondern auch die eingedeichten Flächen dienen ganz überwiegend als Grünland, bloß in höhern Lagen ständig oder vorübergehend zum Ackerbau. Die uneingedeichten Uferländereien an der Unterweser, die weniger als etwa 0.1 *m*

über gewöhnlichem Tidehochwasser liegen, meistens junge Anschwemmungen, sind in der Regel mit Schilf oder Weidenbuschwerk bewachsen.

Die wichtigsten Abflußvorgänge bei der Weser werden in der in Rede stehenden großen Monographie sehr ausführlich unter Mitteilung vieler bis jetzt noch unveröffentlichter Daten besprochen. Hier kann nur das wichtigste kurz angeführt werden.

In der Gebirgsstrecke des Weserstromes nimmt seine Wasserfülle zur Niedrigwasserzeit erheblich mehr zu, als dem Zuwachse an Gebietsfläche entspricht. Die Speisung findet alsdann offenbar großenteils durch Quellen und Grundwasserströme statt, die in dem Strombette oder unmittelbar am Stromlaufe selbst und wohl auch an den untern Strecken einiger Seitengewässer hervortreten. Das bis zur breiten Rintelner Niederung vorwiegend in die meist durchlässigen Gesteine der Buntsandstein- und Muschelkalkformation tief eingeschnittene Wesertal wirkt gleichsam wie ein mächtiger Sickergraben auf das angrenzende Berg- und Hügelland. Alles dort in den Boden eingedrungene, dem offenen Abflusse verloren gegangene, der Verdunstung und dem Verbrauche durch den Pflanzenwuchs entzogene Wasser gelangt durch jene Quellen- und Grundwasserströme in die Weser, die es aufsammelt und dem Meere zuführt. In der Regel zeigt sich diese Speisung bis zum Herbste hin ausdauernd ergiebig, beginnt aber gegen Ende eines langen regenarmen Sommers allmählich abzunehmen, und zwar umso frühzeitiger, je schneeärmer der vorangegangene Winter war, oder wenn vor dem Schneefalle ein harter Frost den Boden undurchlässig gemacht und die Versickerung der Niederschläge gehemmt hatte.

Während also zur Niedrigwasserzeit die Abflußmenge der Obern Weser von ihrem Anfange bei Münden bis etwa zum Vlothoer Engtale und zur Werramündung in viel größerm Maße zunimmt als die Gebietsfläche, verhält sich die Vermehrung der Abflußmenge bei Hochwasser gerade umgekehrt und wächst in geringerm Maße. Am deutlichsten zeigt sich dies bei solchen Hochfluterscheinungen, deren Ursachen ziemlich gleichzeitig auf das ganze Niederschlagsgebiet einwirken, wie z. B. plötzlich eingetretenes Tauwetter nach vorheriger allgemein verbreiteter Schneebedeckung, oder wie z. B. starke Niederschläge von ungewöhnlich großer Ausdehnung, die im Weserstromgebiete fast nur in der winterlichen Jahreshälfte stattfinden. In solchen Fällen bringen die gefällreichen Nebenflüsse wegen ihres kurzen Laufes den Scheitel ihrer Flutwellen erheblich rascher in den Hauptstrom als die beiden Quellflüsse Werra und Fulda, in denen die Flutmassen längere Wege zurückzulegen haben. Wenn der Scheitel der von ihnen ausgehenden Welle an der Mündung eines Nebenflusses vorüberzieht, so pflegt gewöhnlich der Nebenfluß bereits im Fallen begriffen zu sein und vermehrt die dem höchsten Wasserstande, dem Scheitel der Flutwelle, zugehörige größte Abflußmenge nicht in solcher Weise, wie dies dem Flächeninhalte seines Gebietes entsprechen würde, sondern mit einem geringern Betrage.

In dem Zeitraume von 1841—1900 entfielen die meisten Hochwasser auf den Februar (26%), März (22%), Januar (16%) und Dezember (17%), keins auf den September und nur je 1% auf die Monate Juni, Juli und August. Von ältern Hochfluten blieb besonders das unheilvolle Ereignis von 1842 lange in schreckensvoller Erinnerung. Von jenem Jahre berichten »in allen Landen« zuverlässige Chroniken der deutschen Städte und Landschaften übereinstimmend von Dresden wie von Mainz, von Regensburg wie von Minden und von vielen andern Orten in den Gebieten des Rheines, der Donau, der Weser und der Elbe über verheerende Hochwasser. Die Zerstörung der Brücken zu Würzburg, Frankfurt, Bamberg, Regensburg und Dresden, sowie der Einsturz eines Teiles der Mainzer Stadtmauer bezeugt die unerhörte Gewaltsamkeit, mit der die Fluten überall hereinbrachen. Im Wesergebiete richtete schon die Werra arge Verwüstungen an »und warff der Stadtmauren oben zu Creutzburgk ein stuck nyder, das mann mit schiffen ynn die Stadt fuere, und thatt großen schaden«. In Münden hatten die

»Weser und Fulda«, wie die Inschrift an der Hochwassermarke sagt, die ganze Stadt mit Ausnahme der Höhe bei der Ägidienkirche mehrere Tage lang unter Wasser gesetzt, viele Häuser zum Einsturze gebracht und auch sonst viel Gut vernichtet. Kaum besser sah es in Hameln aus. In Minden drang nach dem ausführlichen Berichte eines Zeitgenossen, Heinrichs von Herford, das Wasser durch den Dom bis auf den Markt; es überstieg die hohe Weserbrücke und riß sie teilweise mit sich fort. Auf den Fluten sah man Hausrat aller Art, Vieh, Bäume und »große Häuser« hinabtreiben. Auch die kleinern Wasserläufe waren zu reißenden Strömen angeschwollen, z. B. die Bega bei Lemgo, wo die Stadtmauer überströmt und großer Verlust an Gebäuden, Vieh und Menschenleben angerichtet wurde, da die Überschwemmung mit großer Gewalt plötzlich eintrat. Wie eine Sturmflut des Meeres (»instar fluctuum maris undantes«) stürzten die Wassermassen über Fluren und Felder dahin und überstiegen die Mauern, die sich ihnen entgegenstellten; »muros, turres, portas et domos lapideas et pontes in totum subverterunt, lapides murorum et pontium ad spatia magna subvehentes et abducentes«. Das Unwetter, in dessen Folge die Hochfluten der Weser und anderer deutschen Ströme plötzlich entstanden, scheint unser ganzes Mittelgebirge fast genau gleichzeitig betroffen zu haben. Denn als Tag des Hochwassers wird für Erfurt der 21. Juli (Praxedis), für Kreuzberg und Minden der 22. Juli (Mariae Magdalenae) angegeben. Eine Aufzeichnung des Limburger Chronisten von 1360, die über eine Rheinhochflut »in den jairen uns herren 1342 up sente Jacobs dach« (25. Juli) berichtet, stimmt auf den Tag mit dem Gedenkverse seines Kölner Genossen überein: »In Jacobi festo magnae lymphae memor esto«.

An der Obern Weser und bis über Hameln hinaus war die Hochflut vom Juli 1342 zweifellos die höchste aller geschichtlich bekannten Hochfluten dieses Stromes. Leider ist über die meteorologischen Vorgänge, welche dieselben erzeugten, nichts bekannt. Jedenfalls bildet diese niemals auch nur annähernd wieder erreichte Sommerhochflut für das Wesergebiet eine der wundersamsten Erscheinungen der an außergewöhnlichen kosmischen Vorgängen reichen Zeit um die Mitte des 14. Jahrhunderts.

Was die Wassermenge der Weser anbelangt, so werden die größten Abflußmengen der Hochflut vom Januar 1841 folgendermaßen rechnerisch bestimmt:

für das Engtal Münden—Karlshafen auf 2350 *cbm* pro Sekunde,
für die Engtalstrecke Polle—Bodenreder zu 2700 *cbm* pro Sekunde.

Die Hochwassermenge von 1799 hat oberhalb Minden rund 8000 *cbm* pro Sekunde betragen. Die kleinste Abflußmenge im Juli 1898 ist unterhalb Münden auf 9—10 *cbm* pro Sekunde, unterhalb Karlshafen auf 23, bei Baden auf 73 *cbm* pro Sekunde zu veranschlagen.

Die Weser ist im allgemeinen ein recht wasserreicher Strom, der aber seine Abstammung aus teilweise undurchlässigem Gebirge nicht verleugnet, wie aus dem sehr großen Unterschiede zwischen der kleinsten und größten Abflußmenge bei Karlshafen (1 : 232) hervorgeht. Von oben nach unten verringert sich die entsprechende Verhältniszahl jedoch bedeutend, nämlich auf 1 : 120 bei Hameln, 1 : 64 bei Hoya und 1 : 57 bei Baden, da die Abflußmengen bei niedrigen Wasserständen in weit größerm Maße als der Gebietszuwachs, bei hohen Wasserständen in weit kleinerm Maße zunehmen. Das Verhältnis zwischen Abfluß- und Niederschlagsmenge ist bei Hoya und Baden nicht wesentlich größer als bei Münden, und zwar im Jahre gleichermaßen wie in beiden Halbjahren; es beträgt bei Münden im Jahre 34.3, im Sommer 20.2 und im Winter 52.6%, bei Hoya im Jahre 35.3, im Sommer 21.1 und im Winter 53.9%, bei Baden im Jahre 34.7, im Sommer 21.1 und im Winter 52.5%. Dadurch, daß die auf den verstärkten Abfluß hinwirkende Regenzeit in das Halbjahr der Schneeschmelze fällt, erhält die Weser eine ähnliche Verteilung des Abflußverhältnisses wie der aus viel reichhaltigern

Schneevorräten gespeiste Memelstrom, der im Jahre 33.9, im Sommer 26.6 und im Winter 56.2 % des Niederschlages abführt.

Die Mündung der Weser, wie der Elbe, liegt im Gebiete der Gezeitenbewegung der Nordsee. Durch die zahlreichen Spaltungen und sonstigen Hindernisse der Flut- und Ebbebewegung hat aber in der Unterweser vor der Korrektion trotz der sehr kräftigen Flut unterhalb Bremerhaven die Flutwirkung und das Abfallen der Ebbe oberhalb dieses Punktes weit rascher abgenommen als in der Unterelbe, die in mehrfacher Beziehung dem Eindringen der Tidewelle günstigere Vorbedingungen gewährt.

2. Die Ems. Dieser Fluß gehört mit dem weitaus größten Teile seines Gebietes dem Flachlande an, und sein ganzes Stromgebiet umfaßt 12482 *qkm*. In der dem südwestlichen Abhange des Teutoburgerwaldes vorgelagerten, sanft geneigten Ebene, der Senne, entspringen zahlreiche Bäche, die teils zum Lippe-, teils zum Emsgebiete gehören. Der südlichste im Emsgebiete liegende Bach ist die Ems selbst, die hier bei dem Dorfe Hövelhof in + 134 *m* Höhe entspringt. Anfangs folgt die Ems der allgemeinen Richtung aller hier von der Senne herabkommenden Bäche nach Südwest, wendet dann aber ihren Lauf vorübergehend nach Nordwest, so daß er etwa dem Zuge des Teutoburgerwaldes parallel läuft. Diese Richtung behält sie indessen auch nur vorübergehend bei, fließt vielmehr bald über Warendorf nach Westen und schwenkt dann in großem Bogen nach Nordnordwest um. Auf einer längern, bis unterhalb Rheine reichenden Strecke folgt sie nunmehr dieser Richtung und geht dann in die Nordrichtung über, aus der sie wieder kurz oberhalb Emden nach Westen ausbiegt, um hier in den Dollart auszumünden. Da der Fluß auf diesem Wege vielfache Windungen und Schleifen macht, ist seine Entwicklung nicht unbeträchtlich; so beträgt diese im Verhältnisse zur Luftlinie auf der Strecke zwischen der Brücke bei Schöneflieth und Rheine 86.3 % und von der Hasemündung bis zur Mündung des Schleusenkanals bei Herbrum 75.0 %. Sie ist in diesen kürzern Strecken sogar stärker als auf größern zusammenhängenden Strecken, obgleich auf ihnen zum Teil nicht unerhebliche Ausweichungen von der allgemeinen Hauptrichtung vorkommen, denn es ist die Entwicklung der Obern Ems, die bis Rheine hin gerechnet ist, 75.2 %, die Entwicklung der Mittlern Ems bis zur Hasemündung 62.6 % und der Untern Ems 67.0 %. Da die Schleifen vielfach sehr kleine Krümmungshalbmesser besitzen, sind sie der Schiffahrt sehr hinderlich; einige der stärkern Krümmungen sind daher an der Mittlern und Untern Ems, hier namentlich für den Schiffahrtsweg des Dortmund-Ems-Kanals, durch kurze Seitenkanäle umgangen worden; doch gibt es immer noch Krümmungen, die nur etwa 200 *m* Halbmesser haben.

In der obersten Strecke der Obern Ems werden die zahlreichen nebeneinander herlaufenden Sennebäche durchaus nicht durch dazwischen liegende Bodenerhebungen voneinander geschieden; auch die Ems hat hier kein ausgeprägtes Tal; erst weiterhin bildet sich eine fest umgrenzte Mulde, in der die Wassermassen zusammengehalten werden; unterhalb Warendorf endlich schneidet sich der Wasserlauf immer mehr in das flache Gelände ein, so daß bis Rheine hin ein schmales, aber verhältnismäßig tiefes Flußtälchen entsteht. Auch an der Mittlern Ems bleibt die Hochwassermulde zunächst noch eng und stellt sich hier als eine etwa 10 *m* tiefe Rinne dar. Von Listrup abwärts erweitert sich das der Überschwemmung ausgesetzte Gelände zu einer etwa 1 *km* breiten Niederung, die 2—3 *m* über Mittelwasser liegt. Unterhalb Haneckenfähr wird dann das Überschwemmungsgebiet von Dünen, die in Entfernung von 1.5—3 *km* voneinander liegen, begrenzt. Im allgemeinen sind diese Dünen flach geböscht; nur dort, wo der Fluß oder ehemalige Schleifen sie anschneiden, bilden sich Steilränder; besonders ist dies der Fall von Lingen bis Dalum, wo die Dünen am linken Ufer auf etwa 6 *km* Länge Steilränder zeigen und mehrfach scharf an den Fluß heran-

treten. Auch am Unterlaufe ist ein eigentliches Flußtal nicht vorhanden. Das Überschwemmungsgebiet breitet sich hier meist weit aus und wird nur an einzelnen Stellen von höhern, meist dünenartigen Erhebungen abgeschlossen.

Das Flußbett der Ems ist fast überall sandig; nur an einzelnen Stellen finden sich auch andere Bildungen vor; so sind an einzelnen Stellen Mergel der jüngern Kreide und Plänerkalke vorhanden. Auf der Flußstrecke von Rheine bis Bentlage wird das Bett von Riffen aus Gesteinen der Kreideformation durchquert, während an der Untern Ems Klai- und Eisenerzschichten Sohle und Ufer durchsetzen; außerdem kommen hier auch vereinzelt Findlinge auf der Sohle vor.

Wie schon oben erwähnt, fließen zahlreiche kleine Bäche in ziemlich gleichgerichtetem Laufe von der Senne herab; teilweise erhebt sich die Sohle der Wasserläufe über das umgebende Gelände, so daß etwa ausgetretenes Wasser nicht mehr zu demselben Laufe zurückgelangen kann, sondern entweder in einen tiefer gelegenen Wasserlauf übergeht, versickert, verdunstet oder stagniert und niedrige Stellen versumpft. Dadurch entstehen mannigfache Verbindungen zwischen den Wasserläufen, die das Gewässernetz hier sehr verwickelt machen. Größere Wasserläufe können sich indessen hier nicht ausbilden, da die Ems parallel mit dem Teutoburgerwalde läuft und daher die herabkommenden Bäche auffängt. Erst dort, wo sie sich aus dieser Richtung westwärts wendet, entsteht der Raum zur Entwicklung größerer Bäche.

Erst weiter abwärts finden sich auf der rechten Seite größere Seitenzuflüsse, die große Aa, die Hase und Leda.

Von den Quellen der Ems bis in die Gegend zwischen Rietberg und Wiedenbrück ist ein eigentliches Flußtal nicht vorhanden. Bis hierher besteht das ganze umliegende Gelände aus einer schwach geneigten Ebene, die zumeist niedriger liegt, als der gewöhnliche Wasserspiegel der Ems. Die Hochfluten der Ems breiten sich hier meilenweit überall hin aus, besonders in der Niederung von Mastholte oberhalb Rietberg. Die Breite des Flußtales oder vielmehr der Flußmulde zwischen Wiedenbrück und Rheda schwankt zwischen 100 und 500 *m*. Unterhalb Rheda beträgt sie im allgemeinen 300 *m*, wächst stellenweise bis 500 *m* und erreicht in der Nähe der Luttermündung den Größtwert von etwa 800 *m*. Nach Warendorf zu nimmt die Breite wieder auf etwa 450 *m* ab. Auch hier am Mittellaufe liegen die Uferränder durchgehends höher als das Seitengelände, so daß die Flutmassen eine vom Flußlaufe abweichende Richtung einschlagen müssen, hin und wieder auch, wenn die seitlichen Erhebungen bis an den Fluß herantreten, diesen zu kreuzen gezwungen sind. Unterhalb Warendorf bis Schöneflieth ist die Breite des Tales, welches in das flache, nur zwischen + 50 *m* und + 55 *m* wechselnde Gelände eingeschnitten ist, sehr veränderlich. Bald treten hier die Ufer bis unmittelbar an den Flußschlauch heran, bald sind besondere Flutwege vorhanden, welche die Krümmungen des Flusses abschneiden, bald dehnen sich breitere und niedrige Wiesengründe zu beiden Seiten des Flusses aus. Ein zusammenhängender Talboden fehlt, und manche Flächen werden zwar von den höchsten Wasserständen überschwemmt, können aber wegen ihrer hohen Lage nicht dem Talboden zugerechnet werden. Sowohl in Rietberg, wie in Wiedenbrück führen hochwasserfreie, mit engen Stauanlagen ausgestattete Wege durch das Flußtal. Auch unterhalb Schöneflieth bleibt das Emstal durchgehends schmal. Die eigentlichen Hochufer berühren zwar nicht in großer Länge unmittelbar den Flußschlauch, aber das Gelände steigt meistens langsam an, so daß ein flacher Talboden nur selten und meistens in kesselförmiger Ausbildung vorhanden ist.

Infolge der vielen und starken Krümmungen hat die Ems im Mittellaufe einen ziemlich unregelmäßigen Querschnitt. Die Breite schwankt bei niedrigem Wasserstande zwischen 20 und 80 *m*, ebenso wechseln Tiefe und

Geschwindigkeit fortwährend. Bei mittlerm niedrigen Sommerwasserstande schwanken die Tiefen zwischen 0.75 und 3.1 *m*.

Die größern Ortschaften liegen sämtlich an oder auf dem Talrande. Auch Gehöfte, außer den Fährhäusern, finden sich nur vereinzelt in der Flußniederung. Die Stadt Rheine ist auf hohen Ufern beiderseits des schmalen Flußschlauches erbaut, der sich hier durch die hügelartigen Ausläufer des Teutoburgerwaldes windet. Salzbergen liegt auf dem Hochufer hart am Flusse. Die Stadt Lingen ist durch den Emskanal, der in eine alte Flutmulde verlegt ist, und durch eine Düneninsel vom Flusse getrennt. Die Stadt Meppen liegt auf einer inselförmigen Erhöhung, welche durch die Ems von der großen Esterfelder Düneninsel und durch die Hase vom rechtsseitigen Höhenrande abgetrennt wird. Die Vorstadt am rechten Haseufer steht auf einem, wie es scheint, künstlich aufgehöhten Ausläufer der rechtsseitigen, zum Hümmlinge gehörigen Höhen.

Der Unterlauf der Ems reicht von der Hasemündung bis zum Dollart. Bis zum Dorfe Herbrum besitzt der Fluß noch die Eigenschaft eines Binnenlandflusses. Er war bis zur Erbauung des Kanals von Dortmund nach den Emshäfen für die Kleinschiffahrt, wie sie auf den ostfriesischen und holländischen Moorkanälen landesüblich ist, durch Regulierungswerke schiffbar erhalten worden. Da die Abflußmenge und die Stromkraft nicht ausreicht, um für die Großschiffahrt einen ausreichenden Querschnitt offen zu halten, so ist der Oberlauf kanalisiert worden und gilt seitdem als ein Teil des Dortmund-Ems-Kanals. In der Strecke von Herbrum bis zur Mündung des Papenburger Kanals, wo die Ems nach Ostfriesland übertritt, ist bereits so viel Tideströmung vorhanden, daß sie für die Binnenschiffahrt des neuen Kanals den Flußschlauch genügend tief erhalten kann. Daher ist diese Strecke für die Zwecke der Kanalschiffahrt in solcher Weise reguliert, daß das Auflaufen der Flutwelle möglichst befördert wird. Im Unterlaufe von der Papenburger Schleuse bis zur Mündung in den Dollart schafft und erhält die Tideströmung eine für die kleine Seeschiffahrt genügende Tiefe. Bei Leerort zerlegt sich der Unterlauf in 2 Unterabschnitte, einerseits, weil hier der wichtigste Nebenfluß, die Leda, mündet, anderseits, weil die Verhältnisse in der untern Strecke für die Seeschiffahrt erheblich günstiger liegen, wie in der obern Strecke.

Der Scheitel der Flutwelle trifft bei Papenburg etwa $1^3/_4$ Stunden später ein als an der Emsmündung, der Wellenfuß verzögert sich noch mehr, nämlich um $2^1/_2$ Stunden. Wenn also Hochwasser an der Mündung eintritt, hat der Wasserspiegel bei Papenburg noch etwa $^1/_3$ des Anstieges zu machen, wodurch das Gefälle des Flutstromes nach stromaufwärts zustande kommt. Wenn der Flutscheitel in Papenburg eingetroffen ist, hat sich der Wasserspiegel an der Mündung bereits wieder um etwa $^1/_3$ der Flutgröße, oder im Mittel um 0.90 *m* gesenkt. Das größte Gefälle des Ebbestromes bildet sich aus, wenn an der Flußmündung Niedrigwasser eintritt.

Die Ems erreicht unterhalb Herbrum, nachdem die das Dorf Rhede berührende Flußschleife durch einen Durchstich totgelegt ist, das Geestgelände nicht mehr. Die Ufer sind flach, werden aber vom gewöhnlichen Tidehochwasser oberhalb Tunxdorf nicht überschwemmt. Von hier nimmt die Breite der bei der Flut unter Wasser kommenden Vorlandsflächen allmählich zu. Die Flußufer erhalten dadurch einen seeküstenartigen Charakter. Bei Jemgum beträgt die Breite der wattähnlichen Fläche etwa 100 *m*, und sie wächst nahe der Mündung auf etwa 800 *m*. Auf den Wattstreifen bilden sich zwei verschiedene Uferlinien aus, von denen die für Hochwasser die vorwiegend ausgebaute und festliegende ist. Langgestreckte Buhnen begrenzen mit ihren Köpfen vielfach die Uferlinie des Niedrigwassers, am Mittellaufe ist dieselbe auch auf verschiedenen Strecken durch Leitdämme festgelegt, deren Krone in Höhe des gewöhnlichen Niedrigwassers liegt.

Die Ortschaften liegen hier fast sämtlich am Rande des Flußtales oder auf der Geest, seltener auf inselartig aus der Niederung aufragendem Gelände, wie z. B. Steinbild, Borsum und mehr oder weniger auch Meppen. Einzelgehöfte, besonders Fährhäuser und Gruppen von Gehöften liegen mehrfach auf erhöhten Sandschollen mitten im Überschwemmungsgebiete. Am Unterlaufe sind Weener und Bunde auf Geestinseln, Emden auf einem Warfhügel erbaut, während Leer auf einem Geestvorsprunge liegt. Die ältesten Teile von Papenburg sind an der Stelle angelegt, wo die vom Hümmlinge ganz allmählich zum Flusse abfallende Mooroberfläche den Spiegel der höchsten Flut erreicht. Die untern Stadtteile, welche auf dem abgetorften Sanduntergrunde oder Leegemoore stehen, liegen unter Fluthöhe. In den Marschen Ostfrieslands stehen manche, besonders die ältesten Orte, auf Warfhügeln. Die meisten Marschdörfer und die großen Einzelgehöfte, die sogenannten Plaatsen, liegen dagegen tief und sind auf die Deiche als Schutz gegen Hochfluten angewiesen.

In Ostfriesland trägt die Niederung das Gepräge des ursprünglichen Meeresbodens. Die Viehzucht ist Haupterwerbszweig, und da das Rindvieh in der milden Jahreszeit meistens unbeaufsichtigt und auch des Nachts auf der Weide verbleibt, und die gemeinschaftliche Weidebenutzung mehrerer Besitzer nach der Markenteilung fast ganz aufgehört hat, so ist die Einfriedigung der Weideparzellen unerläßlich. Die Niederung des Endlaufes ist hier netzartig überzogen mit leichten Zäunen, vorwiegend Drahtzäunen, welche über Leinpfade und Nebenwege hinweggehen und dort mit leichten selbstschließenden Türen versehen sind. Die Einzäunung nach dem Ufer hin und die Abgrenzung bestimmter Tränkestellen fehlt meistens noch zum Nachteile des Flußufers. Um die zum Uferschutze angelegten Pflanzungen vor der sonst unvermeidlichen Zerstörung durch das Weidevieh zu bewahren, wird die Einfriedigung des Ufers von der Bauverwaltung nach Möglichkeit gefördert. Die Unterhaltungsarbeiten an den Zäunen, besonders nach größern Hochwassern, sind aber nicht unerheblich. Am Unterlaufe in den ostfriesischen Marschen werden die Zäune mehr oder weniger durch die zahlreichen Gräben ersetzt, welche in engen Maschen die Grundstücke umschließen.

Zwischen den Orten Pogum und Jarssum tritt die Ems in den Dollart ein. Der Spiegel des Tidehochwassers erfährt hier eine plötzliche, fast schrankenlose Erweiterung, während das Niedrigwasser zwischen den großenteils trocken laufenden Wattflächen einen zwar vielfach verzweigten, aber doch einigermaßen geschlossenen Querschnitt einhält. Die an dieser Stelle in die Ems eintretende Flutwelle macht sich bei gewöhnlichem Zuflusse von Oberwasser bis zum Schützenwehre bei Herbrum deutlich bemerkbar. Die Länge dieser von der Flutwelle durchlaufenen Flußstrecke beträgt ungefähr 51 *km*. Vor der Ausführung der Durchstiche zwischen Herbrum und Papenburg, welche als Teilanlagen zugleich mit dem Dortmund-Ems-Kanale hergestellt wurden, lag die Flutgrenze bei niedrigem Oberwasser kurz oberhalb Herbrum. Nach jener Begradigung und der gleichzeitig ausgeführten Räumung des Fahrwassers, jedoch vor Inbetriebsetzung des Wehres zu Herbrum, welches die untere Begrenzung der für die Zwecke des Dortmund-Ems-Kanals kanalisierten Flußstrecke bildet, hatte sich die Flutgrenze bis zum Unterwasser der Schleuse zu Bollingerfähr oder etwa 6 *km* nach stromaufwärts verschoben.

Von den Nebenflüssen der Ems hat nur die Leda Flutwechsel. Die mittlere Flutgröße beläuft sich für den Zeitraum von 1871—1900 an der Knock, der den Dollart nach der See hin abgrenzenden Landspitze, auf 2.78 *m*, und 38 *km* stromaufwärts in der Ems an der Papenburger Schleuse noch auf 1.40 *m*; ferner in der Leda zu Leer 4.4 *km* oberhalb der Mündung auf 2.10 *m*, und zu Potshausen an der Leda und zu Stickhausen an der Jümme 23, bezw. 25.8 *km* oberhalb der Ledamündung noch auf 0.80 *m*. Der Unterschied zwischen dem Flutwechsel bei Springflut und Nippflut beträgt im Dollart nur etwa 0.80 bis 1.0 *m*.

... schlag und Abfluß in
... wobei er die Flüsse Saale,
... Die 20 Jahre 1882—1901
... er und Abfluß im Saale-

Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
60	51	56	39	41	615
53	42	45	27	26	445
7	9	11	12	15	170
13	18	19	31	36	27,4

... n der Gegensatz zwischen
... lte hervor. Der Sommer
... regenarm und abflußreich.
... deutlich im Mai, die winter-
... ydrographisch das Jahr in
... Jahre teilen; das eine um-
... dere die Monate November
... Ausdrucke in den Zahlen,
... chlages liefern. Berechnet
... hre, so bekommt man im
... Sommer einen solchen von

... in so großer, daß er nicht
... llein erklärt werden kann.
... itteleuropas gibt es keinen
... he Jahresperiode aufwiese.
... allein von den Witterungs-
... noch eine Menge anderer
... e Wasseraufnahmefähigkeit
... und die Vegetation. Der
... alte liefert uns daher ein
... er Natur überhaupt. Der
... e, mit seiner größern Fülle
... ollig andere Abflußzustände
... weite Flächen des Pflanzen-
... nge Zeit gefroren ist.
... nzelnen nachzuforschen und
... n dem Betrage nach fest-
... esen wird.

...schlages gibt Verf. für ...olgende Tabelle:

Okt.	Nov.	Dez.	Mittel d. Jahre
19	31	36	1882—1901
20	30	33	1886—1897
22	27	36	1876—1890
24	31	34	1876—1894
53	55	49	1881—1890
42	51	46	1881—1890

... in den Beziehungen ... des Jahres drängt die ... Abfluß in dem geogra- ... Gesetzmäßigkeiten unter- ..., unmittelbar aus dem ... Versuche, solche Gesetz- ... Penck hatte auf Grund ... der Abfluß mit dem ... theoretischen Standpunkte ... bei reicherer Benetzung ..., und überdies mehr ...

... durchaus nicht einfach ...; Verf. hat vielmehr, ... eine parabolische Formel ... übereinstimmt.

... zwischen dem Neuwieder ... behandelte auf dem ... Berlin).[1] Als nieder- ... Niederung, die, mit ... Siebengebirge weit nach ... Rhein heute (in einer ... Bonner Bucht bezeichnet. ... durch tektonische Ein- ... standen. Das Rheintal ... tektonischen Vorgängen zu ... ist ein Erosionstal, das ... Schichten des Devon und ...) eingeschnitten hat. ... am heutigen Rheine

[1]) ... 1908. p. 516.

entlang verfolgen. Auf den Terrassen liegen Schotterablagerungen, die der Rhein in den Ruhepausen zwischen dem Einschneiden absetzte. In dem Materiale, welches verschiedenen Ursprungsgebieten entstammt, zeigen sich Unterschiede der einzelnen Terrassen. Die älteste Terrasse liegt an der Ahrmündung etwa 210—240 *m* über dem Meere, sinkt aber nach Norden beträchtlich. Ihr Material weicht sehr von dem der andern Diluvialbildungen ab. An der Oberfläche ist sie nicht scharf getrennt von der nächst jüngern Terrasse, der Hauptterrasse, die sich am besten zu beiden Seiten des Rheins vom Neuwieder Becken (bei Linz in einer Höhe von 180—200 *m*) bis in die Kölner Gegend (Vorgebirge bei Königsdorf-Horrem, 120—130 *m*) verfolgen läßt. Tiefere Terrassen treten mannigfach auf, sind jedoch zumeist nicht durch das ganze Gebiet verfolgbar. Die Gegend von Linz und Remagen bietet gute Beispiele. Weit verfolgbar ist aber eine Terrasse, die bei Remagen in einer Höhe von 70 *m* gut aufgeschlossen ist, die nach Norden hin an Höhe abnimmt, bei Köln nur noch 55—60 *m* hoch liegt und hier die ausgezeichnete ebene Terrassenfläche bildet, die von der Eisenbahn zwischen Müngersdorf und Königsdorf westlich von Köln überschritten wird. Nachdem sich der Rhein bis in dieses Niveau eingeschnitten hatte, wurden die Gehänge mit Löß überdeckt, jenem feinstaubigen gleichmäßigen Gebilde, das in der Umgebung des Rheintales viele der Gesetzmäßigkeiten wieder erkennen läßt, die schon aus andern Lößgebieten bekannt sind. Bei noch tieferm Einschneiden entstand die heutige Talfläche, in der noch eine Terrasse, die Niederterrasse, von dem jetzigen Überschwemmungsgebiete des Rheins zu unterscheiden ist. Alte verlassene Flußrinnen lassen sich in der Niederterrasse, namentlich auf der linken Rheinseite von Bonn nach Köln, verfolgen. Die Tiefe, bis zu der sich der Rhein unter sein heutiges Bett eingeschnitten hatte, liegt bei Honnef bei 38 *m* über dem Meere, bei Bonn bei 36 *m*, bei Widdig bei 35 *m*, bei Weiß unter 18 *m*, bei Köln unter 7 *m* über dem Meeresspiegel, so daß die Aufschüttungen in der Form von lockern Sanden und Geschieben, sowie Lehm bei Honnef 20 *m*, bei Bonn $17^1/_2$ *m*, bei Widdig 21 *m*, bei Weiß 34 *m*, bei Köln 37 *m* mächtig sind. Im südlichen Teile des besprochenen Gebietes nehmen noch Erzeugnisse jüngerer Vulkane an der Ausbildung des Rheintales teil. Ein großer Teil, namentlich der lockern Auswurfsprodukte, ist jedoch schon wieder durch die Erosion fortgeführt. Die genaue Altersstellung der einzelnen Vulkanausbrüche, namentlich im Laacher Seegebiete, gegenüber den verschiedenen Phasen in der Entstehung des Rheintales, ist bisher nicht erforscht worden. In der Ausbildung des Rheintales zwischen Neuwieder Becken und Köln-Bonner Bucht zeigen sich Analogien zu andern Gebieten, wie namentlich zu dem Oberrheintale und dem Mainzer Becken, doch sind die bisherigen Untersuchungen nicht weit genug vorgeschritten, um genauere Vergleiche zu ermöglichen.

Die Entstehungsgeschichte des Rheines. In seinen Untersuchungen über das Deckgebirge der rheinisch-westfälischen Kohlenformation spricht sich Generaldirektor Schulz-Briesen (Düsseldorf) über die Urgeschichte des Rheinstromes aus, also über ein Problem, bezüglich dessen die Ansichten der Geologen noch sehr auseinandergehen. Er sagt: Die Ufer des Kreidemeeres sind deutlich auf der geologischen Karte erkennbar, sie decken sich zwischen Mülheim a. d. R., Siegburg, Bonn, Euskirchen, Aachen annähernd mit denjenigen des spätern niederrheinischen Tertiärdeltas, welches seine Entstehung dem Rheine in Gemeinschaft mit der Maas verdankt. Der Rhein dürfte sich in der Kreideepoche und bis in die Tertiärzeit hinein sein heutiges Bett zwischen Bingen und Koblenz noch nicht gegraben, und die in der oberrheinischen, ausgedehnten Terraindepression, sowie in den Seitentälern bis weit in die Gebirge hinein seeartig aufgestauten Wassermassen werden vielleicht durch eine schmale Rinne Abfluß in das jetzige Stromgebiet der Donau gefunden haben, denn im andern Falle würde die festgestellte ungestörte Ablagerung der Kreideformation im Bereiche des niederrheinischen Tertiärdeltas nicht möglich gewesen sein. Es ist dabei immerhin nicht absolut ausgeschlossen, daß der Abfluß eines Teiles der überschießenden Gewässer auch durch eine schmale Rinne nach Norden erfolgte.

Erst nach dieser Epoche hat sich der Rhein, möglicherweise unterstützt durch eine Spaltenbildung, allmählich einen breiten Weg zur Nordsee gebahnt und sein Bett tief in die Schichten des mittelrheinischen Devons eingegraben. Mit seinen gewaltigen, in dem oberrheinischen Seebecken aufgestauten Wassermassen hat er, teils vollständig wie bei Wesel, oder nur teilweise wie an den Rändern seiner Erosionstätigkeit, die Kreideablagerung auf weite Ausdehnung im niederrheinischen Tieflande zerstört.

Auf der Linie Goch-Wesel-Dorsten ist zu erkennen, daß der alte Rheinstrom etwa 120 *km* vom letzten Katarakte oberhalb Bonn abwärts, wahrscheinlich vereint mit der Maas, bereits ein Delta von ca. 100 *km* Breite gebildet hat, dessen Material aus dem Detritus besteht, den diese Ströme mit sich führten. Die Erosionsprodukte dieser Wasserläufe sind ohne Frage noch mindestens 100 *km* weiter nach Norden bis an die jetzige holländische Küste getragen worden. Verlängert man die Ränder des Deltas konisch bis dahin, so gelangt man zu der Annahme, daß dasselbe dort etwa 200 *km* Breite gehabt haben muß. Derartige Bildungen findet man übrigens auch heute noch in größerm Maßstabe in der Entstehung begriffen. Auf der Grundlage dieser Anschwemmungen bildete sich dann in der folgenden, ruhigern Epoche die mächtige Braunkohlenablagerung der untern Rheinebene, die wieder zum Teile in der pliocänen und postpliocänen Periode fortgewaschen und später von diluvialen und alluvialen Geröllen, Lehmen und dem Löß überdeckt wurde. Die letztgenannten Schichten besitzen im Bereiche des Tertiärs häufig eine nicht unerheb-

liche Mächtigkeit, während dieselbe innerhalb des sog. Kreidebeckens selten über 2—8 *m* beträgt. Diese Ablagerungen spielen daher eine ganz untergeordnete Rolle in der Zusammensetzung des Deckgebirges.

Die tertiäre Erosion hat in den Kreide- und Triasschichten im minimo 5 Milliarden Kubikmeter Material zerrieben und ins Weltmeer hinausgetragen, jedoch als Ersatz annähernd die gleiche Menge Material zur Ausfüllung der Stromrinne wieder zugeführt.

Die Veränderungen des Mississippideltas sind von Warren Upham an der Hand der geschichtlichen Überlieferungen studiert worden.[1]) Die frühesten Darstellungen von Hylacomylus (1513), die auf den Angaben von Amerigo Vespucci beruhen, sind natürlich höchst ungenau, erst seit 1699 liegen zuverlässigere Daten über die Mündungsarme vor, und 1722 gab Coxe eine Karte, die bessere Details enthielt. Die einzige wirklich zuverlässige Karte aus früherer Zeit ist jedoch diejenige von Bellin 1744. Der Vergleich derselben mit der Karte von 1885 ergibt, daß während 141 Jahren die Mündungen um ca. 6—8 Miles weiter in den Mexikanischen Meerbusen vorgerückt sind. Hieraus könnte man schließen, daß zur Zeit der Entdeckung Amerikas das heutige Mississippidelta überhaupt noch nicht bestand, sondern ein anderes gegenwärtig 20—30 *km* weiter landeinwärts liegendes, was auch durch die Messungen von Humphrey und Abbots wahrscheinlich gemacht wird.

Das Mündungsgebiet des Orinoco. Dem Berichte S. M. Schiff »Panther« ist folgendes hierüber entnommen:[2]) Die ganze Küstenstrecke des Orinocodeltas besteht aus flachem, dichtbewaldetem Lande und bietet keine markanten Punkte, welche zur Orientierung dienen könnten. Die Wassertiefen nehmen schon auf Entfernungen vom Lande, auf welchen dieses noch gar nicht gesichtet wird, stark ab, so daß für Schiffe, welche an dieser Küste zu fahren haben, ein dauernder Gebrauch des Lotes durchaus erforderlich ist, zumal da man hier mit beträchtlichen Stromversetzungen zu rechnen hat. Die Flußufer an der Boca Grande sind in der Nähe der Mündung mit undurchdringlichem Urwalde bestanden, welcher nur durch die vielen Flußarme unterbrochen wird. Die erste Lichtung ist durch das Dorf Curiapo gebildet, welches aus einigen wenigen festen Häusern, sonst nur aus Indianerhütten besteht. Oberhalb Curiapo setzt sich der dichte Urwald bis Imitaka fort. In der Nähe dieser Insel treten die Ausläufer der Berge von Britisch-Guiana bis nahe an den südlichsten Arm des Deltas heran. An den Bergen bei dem Orte Imataka liegt eine Eisenerzmine, die durch einen Arm, der für 3.3 *m* (11') tiefgehende Schiffe befahrbar ist, mit dem Boco Grandearme verbunden

---

[1]) American Geologist **30**. p. 103.
[2]) Annalen der Hydrographie 1903. p. 169.

ist. Hinter Imataka wird der Wald etwas lichter als unterhalb, und die Ufer sind stellenweise mit Zucker- und Bananenpflanzungen bebaut. Die Anwohner sind meist Indianer, welche in niedrigen offenen Hütten wohnen. Die nächste größere Ansiedlung oberhalb Curiapo ist Barancas, ein Ort mit festen Steinhäusern, aus denen sich ein größeres, die Kirche, abhebt. Zurzeit ist dort ein deutscher Händler und Pflanzer, Namens Lehmann, ansässig. Die Ufer haben von hier an kein urwaldartiges Aussehen mehr; der Wald besteht meist aus hohem Buschwerke mit vielen weiten Lichtungen dazwischen. Von Barrancas ab aufwärts läuft der Fluß zunächst südwestlich bis an die Bergkette, welche im Süden das Delta begrenzt, und welcher er stromabwärts in Ost—Westrichtung bis Ciudad Bolivar folgt. Von der Bergkette treten an einigen Stellen Ausläufer direkt an das rechte, also das Südufer des Flusses heran, während die eigentliche Kette mehr oder weniger von dem Flußbette zurückliegt. Das linke, d. i. das Nordufer, ist durchweg flacher. Dort dehnt sich, etwa 70 *m* höher als das Flußtal liegend, eine weite Ebene (Savannah) aus, deren Abhänge steil abfallen, aber an keiner Stelle bis direkt an das Flußbett herantreten. Von höhern besonders markanten Bergen liegen am nödlichen Ufer nur der Sorondohügel unterhalb Guiana Vieja und der Guarampahügel oberhalb Las Tablas.

Auf einem der erwähnten Ausläufer der Bergkette am Südufer liegt der Ort Guiana Vieja mit 2 Forts. Die Hügel, auf denen die Forts liegen, sind nicht, wie auf den Karten angegeben, 500 und 300 Fuß hoch, sondern nur etwa 120, bezw. 50 *m* hoch. Das Fort auf dem höhern Hügel ist ein quadratisches Mauerwerk, über welches einige Häuser hinwegragen, mit der Hauptfront nach Nordost. Es schien in ziemlich verwahrlostem Zustande zu sein. Das Fort auf dem kleinern Hügel, mit der Hauptfront nach Norden, war anscheinend besser erhalten. Zwischen beiden Hügeln liegt die Ortschaft, von der vom Flusse aus jedoch nur einige Lehmhäuser und Hütten zu sehen sind.

Zwischen Guiana Vieja und Cuidad Bolivar liegt als einziger größerer Ort, gleichfalls am Südufer, Las Tablas. Derselbe ist an einer Bucht angelegt, in welcher der Strom nicht besonders stark ist, und die guten Ankergrund bietet. Der Ort besteht aus steinernen Wohnhäusern, aus denen sich die Kirche als größeres Gebäude mit flachem Dache abhebt. Las Tablas ist für den Verkehr insofern von Bedeutung, als von hier aus eine Verkehrsstraße nach den Erz- und Goldminen im Süden des Landes führt.

Veränderungen im Laufe des Hilmend. P. M. Sykes gibt eine Darstellung der Veränderungen des Hilmendbettes und der diesen entsprechenden Änderungen in den Verhältnissen der Landschaft Sistan. Das teilweise sehr fruchtbare Sistan umfaßt in der Hauptsache das Delta des in den gleichnamigen See mündenden Hilmendflusses; es wurde durch das Auftrocknen des Sees infolge der Volumenabnahme

des Flusses und vielleicht auch durch die Ausnutzung des Wassers für Zwecke der Kultivierung gebildet. Im Südosten von Sistan liegt das Gaud-i-Zirra, eine Bodenvertiefung, die durch den 350 *m* breiten und mit bis zu 15 *m* hohen Rändern eingefaßten Schela mit dem See in Verbindung steht. Das ganze Gaud ist wenigstens 160 *km* lang und etwa 50 *km* breit und scheint das alte Flußbett des Hilmend zu sein. Heute birgt das Gaud nur an der tiefsten Stelle einen Sumpf, und auch im Frühjahre ist noch nicht der 10. Teil seines Areals mit Wasser bedeckt. Im 14. Jahrhunderte regulierte ein östlich des heute verlassenen Hausdar liegender Damm, der Band-i-Rustam, den Hilmend in der Weise, daß ein tiefer Kanal, der Rud-i-Hausdar, sich nach Westen abzweigte und die fruchtbare Ebene von Hausdar bewässerte, während der Hauptstrom als Rud-i-Nasru nordwärts floß, vorbei an den großen, heute verlassenen Städten Schahristan und Sahidan. Gegen Ende des 14. Jahrhunderts zerstörte Timur den Damm, und die Hausdarebene wurde eine wasserlose Wüste; aber auch der Hilmend selbst wurde in Mitleidenschaft gezogen, und er schuf sich neben dem Rud-i-Nasru weiter nördlich einen andern nach Westen gehenden Arm, den Rud-i-Sistan, der das bis dahin nicht bewohnte Gebiet von Sehkuha bewässerte. Bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts scheinen weitere Änderungen nicht stattgefunden zu haben; dann bildete sich das Wasser im Osten des Rud-i-Nasru einen neuen Kanal, den von Nad-i-Ali. Dadurch drohte der unter Kultur stehende Teil trocken zu werden, und deshalb schnitt man mit vieler Mühe den Rud-i-Sistan nördlich von Sehkuha ab. 1896 endlich begann der Hilmend auch den Nad-i-Ali-Kanal zu verlassen und sich zwischen ihm und dem Rud-i-Nasru noch ein Bett zu eröffnen; so entstand der heute als Rud-i-Perian bekannte Arm, ein schöner wasserreicher Fluß nach Sykes, der ihn 1899 kreuzte. Die alten Leute von Sistan meinten jedoch, daß der Hilmend wohl wieder sich dem Rud-i-Nasru zuwenden würde, und in der Tat hörte man Anfang November v. J. von Grenzstreitigkeiten zwischen Persien und Afghanistan, die infolge Veränderungen im Flußbette des Hilmend ausgebrochen seien.[1])

Seen und Moore.

Über den Untergrund norddeutscher Binnenseen verbreitete sich Dr. Jentzsch.[2]) Derselbe hatte im Sommer 1902 Veranlassung, mehrere dieser Seen zu untersuchen. »Der Untergrund ist nicht nur in den verschiedenen Seebecken verschieden, sondern wechselt auch innerhalb fast jedes einzelnen Sees bedeutend. Ähnlich wie beim Meere kann man auch bei Binnenseen Zonen unterscheiden, welche im allgemeinen (aber nicht immer) durch die Wasser-

[1]) Globus 83. p. 52.
[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 54. p. [144].

tiefe und die Entfernung vom Ufer bedingt werden. In der Anordnung dieser Untergrundzonen findet sich manche Analogie mit den Verhältnissen der Meeresböden, aber auch mancher tiefgreifende Unterschied. In der Uferzone fehlt den Binnenseen, wie Ebbe und Flut, so in der Regel auch der schnelle, mit der Drehung des Windes umsetzende Wechsel der Wasserstände, die tiefgreifende Wirkung der Wogen. Die für den Meeresstrand und die Küstenzone bezeichnenden Untergrundsformen kehren daher an den Binnenseen nur in stark verkleinertem Maßstabe wieder. Dagegen besitzen die Binnenseen fast ringsum dichten Pflanzenwuchs, welcher das Ufer bekleidet, als Schilf, Rohr oder Binsen die flachern Teile des Wassers bis zu 2 oder 3 *m* Tiefe erfüllt und etwas tiefer oft als unterseeische, teilweise Schwimmblätter emporsendende Wiesen von Elodea, Ceratophyllum, Myriophyllum, Potamogeton, Chara Nymphaea usw. große Flächen einnimmt. Diese Pflanzendecken, welche stellenweise sehr dicht werden, liefern naturgemäß beim Absterben massenhafte Pflanzentrümmer, welche den Seeboden zwischen den Pflanzen und in der Nähe der Uferzone erhöhen. Sie wirken aber auch chemisch auf die Abscheidung gewisser Stoffe, insbesondere des Kalkkarbonats, und mechanisch auf den Schutz des Ufers vor Abwaschung und auf die Festhaltung eingeschwemmter Sinkstoffe und herbeigewehter Staubteilchen. Noch häufiger als bei den deutschen Meeren ist die Wirkung des Eisschubes, welche an manchen Binnenseen sehr merklich wird.

In jedem hinreichend großen und tiefen Binnensee finden wir in der Mitte eine weite, offene Wasserfläche, deren Boden in den größern Tiefen frei von höhern Pflanzen ist: die limnetische Region. In dieser Region setzt sich allerwärts ein feiner, lockerer Schlamm ab, dessen Herkunft gemischt ist aus den herabgesunkenen Leichen des tierischen und pflanzlichen Plankton, Koniferenpollen, Auswurfsstoffen größerer und kleinerer Tiere und sonstigem organischem, eingewehtem Staube, feinsten tonigen Trübungen und chemischen Niederschlägen, unter denen Schwefel- und Phosphoreisen hervorzuheben sind. Vom Ufer her wird dieser Tiefenschlamm allmählich durch Torf, Kalkschlamm oder mechanische Sedimente überdeckt. Er wird dann in seiner typischen, an Organismen reichen Fazies zu Lebertorf, bei reichlicherer Beimengung mineralischer Stoffe zu Gyttja, während er in seinen Endgliedern einerseits in Diatomeenerde, andererseits in Schwefeleisen und Seeerz (Eisenoxydhydrat) übergehen kann, letzteres natürlich erst, wenn der Sauerstoff (z. B. durch Trockenlegung des Sees) vermehrten Zutritt erhalten hat. Sowohl Lebertorf wie Gyttja enthalten in ihrer organischen Substanz — weil reich an Tierleichen — verhältnismäßig mehr Stickstoff als eigentlicher Torf. Ein großer Teil dieses Stickstoffs ist aber in einer außerordentlich widerstandsfähigen Form gebunden, nämlich als Chitin im Panzer der Crustaceen.

Da in der limnetischen Region das Plankton allerorten niederregnet, so muß sein feiner Schlamm dort eine zusammenhängende Decke am Seegrunde bilden. Trifft inmitten derselben das Lot auf Grand oder auch nur auf Sandboden, so folgt, daß an den betreffenden Stellen ein mechanischer Abtrag vom Boden stattfindet, daß also dort eine Abrasionsfläche, eine verschwindende Insel oder Untiefe vorliegt. Selbstredend gilt dieser Schluß nur dort, wo keine Möglichkeit dafür vorliegt, daß Sand vom Ufer nach der Mitte des Sees vorgeschoben wird. Letzteres kann stellenweise in schmalen Streifen erfolgen, da an den Ufern der Binnenseen die Bildung von Haken („Kliffhaken" usw.) durch die mit den Winden auftretenden Strömungen in ähnlicher Weise, wenn auch kleinerm Maßstabe, wie an den Meeresküsten stattfindet. Strömungen sind in Binnenseen — obwohl bisher gewöhnlich übersehen — doch weit verbreitet. Sie können zeitweilig zu einem Kreislaufe des Oberflächenwassers führen und sind auf den Absatz der Seesedimente, wie auf die Umgestaltung der Ufer von Einfluß.

Da das Plankton der Binnenseen kalkarm ist, und auch kalkschalige Mollusken in den Tiefen nur spärlich vorkommen, sind kalkreiche Seenabsätze an flacheres Wasser gebunden. Untergetauchte Wiesen von Chara oder von Gefäßpflanzen bewirken teils unmittelbar, teils mittelbar (durch die Ernährung zahlreicher Mollusken) die Anhäufung von Kalkkarbonat. Wo solches erst reichlich vorhanden, werden (vermutlich unter gleichzeitiger Bildung von Nitraten) die abgestorbenen Pflanzen- und Tierleiber rasch verzehrt, und es kann zur Anhäufung fast reiner Kalklager kommen, die somit im allgemeinen Absätze aus flachen Gewässern sind.

Vom Ufer her wächst dagegen ein mit Schilf oder andern Monocotyledonen dicht bestandener Pflanzenwald nach der offenen Seefläche vorwärts, dessen Absterben zur Torfbildung führt, die als Endziel den ganzen See überwältigt. Dieser als „Schaar" bekannte Uferstreifen neigt sich meist sehr allmählich, um am Rande plötzlich steiler zur Tiefe abzusinken. Dieser oft sehr auffällige Knick des Bodenprofils bezeichnet somit eine natürliche, mehr oder minder scharfe Grenze zweier Regionen des Seeuntergrundes. Gewöhnlich folgt nach der Mitte zu zunächst ein Streifen, in welchem der Untergrund aus mazerierten Pflanzentrümmern besteht. An den Schilftorf reihen sich andere, aus den Moorforschungen bekannte und hier nicht näher zu schildernde Torfarten räumlich und zeitlich an. An den Ufern der Binnenseen finden sich teils (vor den Kliffufern) Abrasionsflächen, die meist als grandiger Sand mit eingestreuten Blöcken erscheinen, teils Aufschüttungsmassen. Letztere können neben den weit verbreiteten Torflagern stellenweise als Muschelwälle erscheinen, häufiger als sandige Sedimente verschiedener Korngröße, endlich als Flugsand, der in Gestalt von Dünenwällen Föhrden zu Küstenseen abschnürt, aber auch sonst hin und wieder an Binnenseen auftritt.

So zeigt jeder einzelne See in sich eine Reihe verschiedener Untergrundzonen; aber je nach der besondern Ausbildungsweise, dem Zurücktreten oder Überwiegen einzelner dieser Zonen erhalten die verschiedenen Seen einen z. T. völlig verschiedenen Charakter, der auf deren Fauna und Flora, wie auf ihre Nutzbarkeit zu Fischerei, Pflanzenbau, zu hygienischen und technischen Zwecken zurückwirkt.«

Der Schillingsee im Preußischen Oberlande ist von G. Braun ausgelotet und kartographisch dargestellt worden.[1]) Er bemerkt hierzu: Der Schillingsee liegt auf der Preußischen Platte in der Provinz Ostpreußen. Sepezieller, in dem das »Oberland« genannten westlichen Teile des preußischen Landrückens. Er gehört hier ursprünglich dem Flußgebiete der Drewenz an, kann aber jetzt mit einer Reihe anderer Seen dem größern Begriffe »Gebiet des Oberländischen Kanales« untergeordnet werden. Gemeinsam ist allen diesen Seen eine scharf ausgeprägte NW-Richtung, die hier noch besser hervortritt als in Masuren. Gemeinsam ist allen, daß die Wasserstände durch das Eingreifen des Menschen reguliert werden, daß also Seiches und ähnliche Erscheinungen höchstens ganz verwischt zum Ausdrucke gelangen. Alle diese Seen waren bis vor kurzer Zeit hinsichtlich ihrer Tiefenverhältnisse gänzlich unbekannt. Da war es dem Verf. vergönnt, ein reiches handschriftliches Material zu benutzen, das sich im Besitze des ostpreußischen Fischereivereins vorfand. Zu gleicher Zeit erhielt er auch von der Kanalbauverwaltung in Zölp eine Reihe von Tiefenkarten. Nachlotungen ergaben die nötigen Korrekturen, und so ist unsere Kenntnis jetzt weit gesicherter als im Sommer 1902, zu welcher Zeit Verf. das »Verzeichnis der Ostpreußischen Seen bis 0.50 *qkm*« (Beil. z. Nr. 3 d. Ber. d. Fischereiver. f. d. Prov. Ostpreußen 1902/03) zusammenstellte. Die Seen im Gebiete des Oberländischen Kanales können wir jetzt nach ihren Tiefenverhältnissen in zwei große Gruppen teilen, welche östlich und westlich in einer Linie liegen, deren Verlauf etwa durch die Orte Liebemühl — Groß-Samrodt und in nördlicher Verlängerung Preußisch Holland bezeichnet ist. Die Seen östlich dieser Linie sind im allgemeinen tief mit sehr deutlicher Rinnenform, die westlichen sind flach, und runde Formen herrschen vor. Parallel im O, aber nicht mehr in Verbindung mit dem Oberländischen Kanale zieht sich eine 3. Seenreihe hin. Genauer bekannt sind von ihr nur das nördlichste und südlichste Glied: der Nariensee mit 50 *m* und der kleine Langguthersee mit 25 *m* Maximaltiefe. Von den übrigen wird eine gleichfalls sehr beträchtliche Tiefe angegeben.

Das Seengebiet des nordwestlichen Rußland behandelt auf Grund russischer Quellen S. Tschulok,[2]) und zwar die Seen der 4 Provinzen Petersburg, Pskow, Nowgorod und Olonetz. Die Seen

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 64.
[2]) Hettners Geogr. Ztschr. 1903. p. 266.

sind nicht gleichmäßig über dieses Gebiet verteilt; die meisten gehören dem Nordwesten an: im Gouvernement Olonetz zählt man bis zu 2000 Seen, die im ganzen etwa 19 % des Areals einnehmen, darunter auch die beiden größten Süßwasserbecken Europas, der Ladoga- und der Onegasee. Die Seen stellen bald unregelmäßig begrenzte, gelappte, weite und flache Mulden, bald schmale lange Furchen, bald runde kesselartige Vertiefungen dar. Die Grundzüge der Hydrographie des Gebietes sind folgende. Der Norden, das Gebiet der kristallinischen Gesteine, erhält durch die zahlreichen Seen, Flüsse, Wasserfälle und Stromschnellen ein ganz eigenartiges Gepräge. Hier ist alles Wasser; das allbeherrschende flüssige Element drängt sich auf Schritt und Tritt in seiner ganzen Machtfülle dem Bewußtsein der Bewohner auf und ruft begreiflicherweise sehr bezeichnende Vorstellungen über das Wasser als den Ursprung aller Dinge der Welt hervor.

Mächtige Felsen und kleine Blöcke ragen überall aus dem Wasserspiegel der Seen heraus. In einem See, dem »Kontschesero«, soll man so viele vereinzelte Felseninseln zählen, als es Tage im Jahre gibt; dabei liegen alle mit ihrer Längsachse den Seeufern parallel, nur eine legt sich querüber, weshalb sie die »Dumme« genannt wird.

Unter allen diesen Seen ist der Onega am größten. Bei 9751 *qkm* Oberfläche erreicht er die größte Länge von 220 und die größte Breite von 75 Werst. Seine mittlere Tiefe beträgt etwa 160 *m*, die maximale geht bis 400 *m*. Mit seiner südlichen Hälfte ragt er in das Gebiet des Devonkalkes hinein und berührt ein Gebiet, dessen Hydrographie einen ganz andern Charakter hat.

Von Südosten her ragen in das Gebiet die von zahlreichen Nebenflüssen und Seen gespeisten und ruhig dahinfließenden Ober- und Mittelläufe zweier Wolganebenflüsse, der Scheksna und Mologa, herein. Der von Südosten in den Onegasee mündende Wytegrafluß teilt sein Quellgebiet mit der Kowscha, und hier wurden sie durch einen Kanal verbunden. Die Kowscha fließt dann fast genau in N—S-Richtung dem Bjeloosero (Weißen See) zu, aus dem dann die Scheksna austritt, um sich bei Rybinsk, dieser wichtigsten Handelsstadt des Wolgaoberlaufes, in diesen mächtigen Strom zu ergießen. Dies ist das »Marienkanalsystem«, der hochwichtige Verbindungsweg zwischen dem Wolga- und Kaspisysteme einerseits und dem Finnischen Busen andererseits. Denn aus dem Onega führt der Swirfluß zum Ladoga, und von da die Newa nach Petersburg. Alle 3 Seen stehen aber nicht direkt im Dienste des Verkehres, sondern werden auf großartigen Kanälen in weiten Bögen umfahren.

Der Onegasee wird im Süden von einer Gruppe kleiner Seen umkränzt, welche durch eine Menge interessanter Erscheinungen die geologische Natur ihrer Unterlage verraten. Bald wird der eine, bald der andere See trockengelegt, um sich in den Weißen oder

in den Onegasee zu ergießen durch einen unterirdischen Kanal, dessen Verlauf durch eine Reihe von Einsturztrichtern markiert wird; bald tritt ein sonst harmloses Flüßchen, von unterirdischen Zuflüssen gespeist, mit verheerender Kraft aus seinem Bette heraus. Von zwei dicht nebeneinander liegenden Seen ist der eine dem Weißen, der andere dem Onegasee tributär, je nach dem Verlaufe seines unterirdischen Abflußkanales (wir befinden uns hier auf der Wasserscheide zwischen dem Kaspi- und dem Ostseebecken). Noch mag kurz erwähnt werden, daß im äußersten NO (Kreis Kargopol) der zum Flußsysteme des Weißen Meeres gehörende Onegastrom in unserm Gebiete seinen Anfang nimmt; an seinen Oberlauf schließen sich südlich 2 Seen an, der Latscha- und der Woschesee, von denen kleinere Wasseradern einerseits zum Weißen, anderseits zum Kubinskojesee führen. Dieser letztere, der Suchona und weiterhin der Dwina und dem Weißen Meere tributär, ist seinerseits mit dem Mittellaufe der Scheksna durch einen Kanal (bei Kirilow) verbunden.

Neben dem Marienkanalsysteme besteht noch eine zweite kürzere Verbindung zwischen dem Wolgabecken und dem Finnischen Busen, das sogen. Tichwinsche Kanalsystem. Aus der oben erwähnten Mologa gelangen wir in deren Nebenfluß, die Tschagodoschtscha, dann in die Ssomina; diese ist durch den Tichwinschen Kanal mit der Tichwina verbunden, welche durch den Ssjaßfluß in den Ladogasee mündet.

Die Tichwinsche Wasserstraße bildet die Grenze zwischen der nordöstlichen und der südwestlichen Hälfte des Seengebietes. Während die Hydrographie des nördlichen Drittels des Gebietes durch den Seenreichtum und die kristallinische Unterlage einen besondern Charakter gewinnt, während die zentrale Partie durch die mehr verbindende als trennende Wasserscheide zwischen dem Wolga- und dem Newabecken beherrscht wird, bildet das dritte südwestliche Drittel die Durchgangspforte der Gewässer, die vom zentralrussischen Plateau herunterkommen und zum finnischen Busen hin ihren Lauf nehmen. Kein Wunder, daß dies Durchgangsland, der große Nowgorod, schon frühe seine Selbständigkeit aufgeben und sich dem allgemach erstarkten, nach dem Meere hin drängenden moskowischen Staatswesen fügen mußte. Bei Betrachtung einer Karte fällt uns sofort der Ilmensee als der Sammelpunkt aller vom zentralrussischen Plateau herabkommenden Wasseradern auf. Msta, Pola, Lowatj, Polista, Schelon — alle diese Gewässer treten dann durch den Wolchowfluß aus dem Ilmensee aus, um sich nach einem Wege von etwa 115 *km* in gerader Richtung in den Ladogasee zu ergießen. Hier am Ausfluß des Wolchow liegt die einst so wichtige Handelsstadt Nowgorod, die im Mittelalter als Vermittler der Handelsbeziehungen zwischen dem Osten und Westen eine so große Bedeutung erlangt hatte.

An der Westgrenze des Gebietes liegen zwei miteinander verbundene Seen, der Pskowische See und der Peipussee. Der Wjelikaja-

fluß (große Fluß) führt dem Pskowischen See die vom Witebsk-Newelschen Plateau herabkommenden Gewässer zu; entwässert wird der Doppelsee durch die in den finnischen Meerbusen mündende Narowa. In ihrer Nähe ergießt sich selbständig ins Meer der Lugafluß, der das ganze Gouvernement Petersburg in der Richtung SO—NW durchschneidet.

Im Norden wird dieses westliche, weitaus wichtigste Drittel des Gebietes von mächtigen Wasserbecken begrenzt. Der Ladogasee, mit mehr als 18000 *qkm* Oberfläche, das größte Süßwasserbecken Europas, nimmt im Osten die vom Onega herkommende Swir, im Süden die bereits erwähnten Flüsse Ssjaß und Wolchow auf und wird von der nur 75 *km* langen, aber außerordentlich wasserreichen (über 100000 Kubikfuß in der Sekunde) Newa entwässert. Er wird im Süden von flachen, aus Sand, Lehm und Kies bestehenden, unbewaldeten, im Norden dagegen von steilen, felsigen, bewaldeten Ufern begleitet; seine Tiefe ist im Süden unbedeutend, nimmt aber nach Norden fortwährend zu, um westlich von den Walaamsinseln 265 *m* zu erreichen; die mittlere Tiefe wird auf etwa 110 *m* geschätzt, was ein Wasserquantum ergibt 24 mal so groß wie das des Genfer Sees. Die Wasserstandsschwankungen erreichen den Betrag von 7,3 *m*. Die ganze Wassermasse befindet sich in einer Bewegung: den östlichen Ufern entlang nach Norden, am westlichen nach Süden.

Der Karaboghazbusen des Kaspisees ist neuerdings durch eine russische Expedition erforscht worden, und A. Woeikof gibt von deren Ergebnissen einen übersichtlichen Bericht.[1]) Jener merkwürdige Busen des Kaspi, nur durch eine enge und seichte Straße mit dem Hauptkörper des Sees verbunden, beschäftigte schon lange die Phantasie der Völker und die Gelehrten. Bis zu der Expedition des Jahres 1897 war nur ein Schiff dort (1847 Leutn. Scherebzow), und zwar gar nicht ausgerüstet für wissenschaftliche Forschungen. Die Karaboghazenge (oder -straße) hat beständig, außer bei starken E-Winden, eine Strömung vom W, d. h. das Wasser fließt vom Kapsi in den Karaboghaz, wo es verdunstet. Eine Rückströmung schweren salzhaltigen Wassers, wie im Bosporus, den Dardanellen, der Straße von Gibraltar und Bab-el-Mandeb gibt es nicht, wegen der Seichtigkeit der Straße. Sorgfältige Messungen der Tiefe und der Stromstärke in der Straße gaben folgende Resultate: Sektion 1159 *qm*, Geschwindigkeit 0.559 *m* p. s., Menge des durchfließenden Wassers 645 *cbm* p. s.

In den Wintermonaten fand Maximowicz im Mittel eine Geschwindigkeit 0.423 *m* p. s.; Spindler nimmt seine Beobachtungen als für das ganze Sommer- und diejenigen von Maximowicz als für das

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903 p. 54.

ganze Winterhalbjahr geltend und findet somit, daß durch die Straße folgende Wassermasse fließt:

Sommerhalbjahr	10263 *cbm*
Winterhalbjahr	7668 „
Jahr . . .	17930 *cbm*

Die Oberfläche des Busens ist 18346 *qkm* (also ungefähr so groß wie der Ladoga, der größte Süßwassersee Europas), das würde also im Jahre 0.98 *m* oder in runder Zahl 1 *m* auf die Oberfläche des Busens geben. Ist das Wasserniveau konstant, so muß also ebensoviel im Jahre verdunsten. Das würde also dieselbe Verdunstung geben, wie von Woeikof für den Kaspi berechnet ist. Die Evaporationskraft in den Verhältnissen des Karaboghaz muß größer sein, als für den Kaspi, wenn trotzdem die Verdunstung nur ebenso groß ist, so wird diese durch den großen Salzgehalt des Karaboghazwassers erklärt. (Etwa 16 %.)

Der Karaboghaz ist nicht eine Salzpfanne in Hinsicht des NaCl, wie man früher glaubte. Dieses Salz findet sich nicht als Bodensatz, sondern Gips ($CaSO_4$) und Glaubersalz (Na_2SO_4). Das Wasser des Kaspi enthält weniger NaCl als das Wasser des Ozeans (selbst im Rest des Salzes), und selbst auf 20 % konzentriert, würde das Kaspiwasser nur 15 % NaCl enthalten, während die Löslichkeit dieses Salzes im Wasser 26.7 bei 25° und 26.3 bei 0° ist. Das Glaubersalz wird, nach Lebedinzew, durch doppelte Zersetzung von NaCl und $MgSO_4$ gebildet.

Die Zusammensetzung der Salzlauge des Karaboghaz gibt im Liter wiegend 1.1360 *g*, 186 *g* Salze und in 100 *l* Wasser 5.71 % $Na_2SO_4 + 10\,H_2O$ oder 2.51 % Na_2SO_4 und 19.6 % andere Salze.

Im Winter muß eine Ausscheidung von Glaubersalz stattfinden, und das Wasser des Karaboghaz ist durch Konzentration des Kaspiwassers auf $^1/_{20}$ durch Verdunstung entstanden, dann durch Ausscheidung von Gips und nach doppelter Reaktion zwischen NaCl und $MgSO_4$ auch von Glaubersalz.

Es ergibt sich ferner, daß der bis jetzt als typisch geltende Vorgang des Absatzes von Salzlösungen, wobei der Karaboghaz immer zitiert wurde, irrtümlich ist — es sind Hypothesen ohne sichere Grundlagen. Nur eins ist an diesen Meinungen richtig, daß der Karaboghaz eine Masse Salze aus dem Kaspi aufnimmt; dies ist schon von Baer in seinen »Kaspischen Studien« behauptet worden. Die jetzt gesammelten Tatsachen zeigen, daß der Karaboghaz den Salzgehalt des Kaspi um 0.000 89 % jährlich oder um 1 % in 2564 Jahren erniedrigt.

Es ist schon wiederholt der Plan eines Dammes in der Straße von Karaboghaz ventiliert worden, um dem Verluste des Wassers durch Verdunstung im Busen vorzubeugen, und eine der Aufgaben der Expedition von 1897 war, ein Gutachten über diese Projekte

auszusprechen. Das Resultat ist negativ; die Steigung des Wassers des Kaspi wäre nur unbedeutend, die Verwertung der enormen Ablagerungen eines für viele Industrien so notwendigen Salzes wie Na_2SO_4 würde sehr erschwert werden; jetzt sind sie zu Schiffe sehr zugänglich.

Woeikof gibt noch einige Zahlen. Die Wassermasse des Karaboghaz ist 183 465 000 000 *cbm* und enthält ungefähr 34 178 000 000 Metertonnen Salze. Aus dem Kaspi fließen jährlich ein 33 257 Mill. Kubikmeter, welche 428 000 000 Metertonnen Salze enthalten; sie also vermehren den Salzgehalt des Karaboghaz um 1.25 % jährlich und 100 % in 80 Jahren, im Falle keine Salze ausgeschieden würden. Lebedinzew berechnet ferner, daß, wenn die Verhältnisse so bleiben wie jetzt, nach 200 Jahren die Konzentration des Wassers des Karaboghaz so zunehmen wird, daß eine Ausscheidung von NaCl beginnt, später auch von KCl, also ein russisches Staßfurt in großem Maßstabe. Er findet, daß im großen und ganzen der Karaboghaz günstig auf den Kaspi wirkt. Schon jetzt nimmt das organische Leben nach der Tiefe ab. Würde keine Ablagerung der Salze nach dem Karaboghaz stattfinden, so würde die vertikale Zirkulation der Gewässer noch schwächer werden als jetzt, die Menge Sauerstoff abnehmen, die schon jetzt vorhandenen Bakterien würden die schwefelsauren Salze zersetzen und Schwefelwasserstoff bilden, welcher sich bei Mangel an Sauerstoff ansammelt, bis das Leben schon in einer kleinen Tiefe unmöglich würde, wie schon jetzt im Schwarzen Meere von 100 Faden (183 *m*) an.

Der Aralsee ist auf Veranlassung der Königl. Russ. geogr. Gesellschaft in den Jahren 1900—1902 von L. Berg erforscht worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in einer Anzahl russisch geschriebener Abhandlungen des Genannten niedergelegt. Dr. M. Friederichsen gibt davon einen übersichtlichen Auszug,[1]) dem das Nachfolgende entnommen ist: Der Aralsee liegt zwischen 43° 30′ und 46° 51′ nördl. Br. und 58° 13′ und 61° 56′ östl. L. v. Gr. Sein Areal beträgt nach Berg ungefähr 67 962 *qkm*. Er nimmt also unter den großen Binnenseen der Erde die dritte Stelle ein (hinter dem Kaspisee mit 436 346 *qkm* und dem Obern See Nordamerikas mit 80 800 *qkm*). Sein Spiegel liegt nach dem genauen Nivellement Tillos aus dem Jahre 1874 48 *m* über dem Meeresspiegel.

Das Wort Aralmeer bedeutet »Inselmeer«. Die größte dieser Inseln, Kug-aral, liegt vor der Nordküste; kleiner ist die Insel Nikolaus I. in dem mittlern Teile des Sees. Die Oberfläche aller Inseln zusammen beträgt aber nur 2.3 % des gesamten Seeareales.

Die größte Tiefe des Sees (68 *m*) liegt im Westen unmittelbar an der Küste, während die mittlere Tiefe nur 15 *m* beträgt. Im zentralen Teile des Sees herrschen Tiefen von 20—30 *m*. Die west-

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1903. p. 120.

lichen und nördlichen Ufer sind steil, und hier finden sich bereits wenige Werst vom Strande Tiefen von 20—30 *m*, dagegen sind die westlichen und südlichen Gestade niedrig und sandig, und die 10 *m*-Isobathe verläuft hier oft bis 63 *km* weit von der Küste.

Die Nordufer des Sees werden durch die 4 Halbinseln: Kulandy, Kara-tübe, Tschubar und Kuk-tschernak in 5 Buchten zerteilt. In das Aralmeer münden die 2 Binnenströme Amu-darja (mit 2512 *km* Lauflänge) und Syr-darja (mit 2863 *km* Lauflänge).

Die Gestaltung der Ufer ist folgende:

1. Im Westen werden die Ufer von dem niedrigen Ust-Urtplateau gebildet, welches sich aus den horizontalen sarmatischen Schichten aufbaut und steil zum Aralsee als echtes Schichtungstafelland abbricht.

2. Im Süden und Nordosten bestehen die Seeufer aus den Delta-Alluvionen des Amu- und Syr-darja (Stromflachland).

3. Im Osten ercheint an den Seeufern Lehm- und Sandwüste.

Die Spiegelschwankungen des Aralsees sind im wesentlichen abhängig von den folgenden Hauptursachen:

1. Dem Schlammtransporte der Flüsse (Amu- und Syr-darja) in den See, durch welchen das Seebecken einer allmählichen Ausfüllung entgegengeht. Nach Bergs Berechnung machen die Sinkstoffe des Amu-darja in 2200 Jahren das Aralseeniveau um 1 *m* steigen. Bei dieser Berechnung ist der Syr-darja unberücksichtigt geblieben. Das uns gut bekannte Wachsen seines Deltas läßt auf eine dem Amu-darja analoge bedeutende Schlammführung schließen.

2. Den periodischen Schwankungen in der Menge des zugeführten Flußwassers. Denn Syr- und Amu-darja bringen im Mai, Juni und Juli das meiste Wasser zum See, dagegen Ende des Winters und im Anfange des Frühjahres das wenigste.

3. Dem jährlichen Gange von Verdunstung und Niederschlag. Nach den Beobachtungen in Kasalinsk fällt das Maximum der Niederschläge mit 202 *mm* im Juli, das Minimum mit 2 *mm* im Januar.

4. Den Klimaschwankungen. Entgegen den ältern Angaben von Butakow und Makschejew, Sjewerzow, Schulze u. a., welche stets von einem Sinken des Aralseespiegels berichteten, konstatiert Berg in neuester Zeit deutliche Anzeichen eines Ansteigens. Viele Inseln, welche auf Butakows Karte 1848—1849 noch mit dem Lande in Zusammenhang waren, sind jetzt völlig vom Ufer getrennt. Im Jahre 1874 hatte General Tillo am Nordwestufer eine Marke 4.5 *m* über dem Seespiegel angebracht. Ein von Berg dort vorgenommenes Nivellement am 30. Juli 1901 ergab, daß sich der Seespiegel seitdem 1.21 *m* gehoben hatte. Diese Erscheinung ist indessen am Aralsee nicht eine lokale, sondern wurde von Berg und Ignatow auch an andern Binnenseen, z. B. im Gouvernement Omsk, für 1900 nachgewiesen. Für den Aralsee begann diese Periode anscheinend 1880 und steht nach Berg einer Periode der Austrocknung in den Jahren 1850

bis 1880 gegenüber. Die Erscheinungen harmonieren mit den Brücknerschen Klimaperioden.

Eine merkwürdige Eigentümlichkeit des Aralsees ist sein geringer Salzgehalt. Nach Bergs Bestimmungen im Jahre 1900 enthalten 100 Teile Seewasser nur 1.05 $^0/_0$ Salz. Dementsprechend ist das mittlere spezifische Gewicht des Aralseewassers 1.0080.

In bezug auf die Verteilung der Temperatur im Wasser herrscht beim Aralsee eine ähnliche Schichtung, wie bei allen Süßwasserseen. Die Oberflächentemperatur des Wassers schwankt von Mai bis September zwischen 7 und 27° C. Das Maximum auf dem offenen See beobachtete Berg Mitte Juli mit 26.8°. Die mittlere Oberflächentemperatur für Juli beträgt 23.8.

Das Charakteristische der Temperaturverteilung in den verschiedenen Tiefen ist aber das Auftreten einer sehr deutlichen Sprungschicht. Nach einer Mitte Juli 1900 am Westufer des Sees um $8^1/_2{}^h$ a. m. gemessenen Temperaturreihe herrschte in 9 *m* 22.2° C. während bereits 1 *m* tiefer, in 10 *m*, die Temperatur auf 14° gesunken war.

Nahe den Ufern ist der Grund des Sees überall sandig, weiterhin aber schlammig. Die Grenze zwischen beiden Bodenarten bildet ungefähr die 10 *m*-Isobathe. Nahe den Flußmündungen hat dieser Schlamm eine graugelbe Farbe, weiter hinaus eine grauschwarze. In den größten Tiefen (40—68 *m*) findet sich ein sehr zäher, blauschwarzer Schlamm.

Der Tschadsee ist, soweit seine Küste in französischem Besitze ist, von französischen Offizieren erforscht worden. Destenave gibt hiernach eine Schilderung desselben.[1]) Der See hat näherungsweise die Gestalt eines Dreieckes, dessen Grundlinie ungefähr 170 *km*, und dessen Höhe 180 *km* beträgt, und bedeckt eine Fläche von annähernd 20 000 *qkm*. Er ist in einer Wanderung nach Westen begriffen, deshalb ist der seichten Ostküste von Kanem ein dichter Inselkranz vorgelagert, und die Tiefe des Sees überschreitet in seiner östlichen Hälfte nicht 5—6 *m*, beträgt vielmehr meistens nur 1—1,5 *m*; die westliche Hälfte ist 10—12 *m* tief, an der Westküste gibt es nur einige flache und sumpfige Inseln. An der Südostküste bei Hadjer-el-Hamis hat sich der See in den letzten 10 Jahren um ungefähr 1 *km* vom Ufer zurückgezogen. Wegen der fortschreitenden Verlandung und der damit eintretenden Verödung ist das Küstenland Kanem fast ganz von seinen Bewohnern verlassen, die mit ihren zahlreichen Rinderherden auf den sich vor der Küste bildenden Inselgürtel übergegangen sind. Von den Inseln sind nur die höhern, 15—20 *m* aus dem Wasser hervorragenden, bewohnt. Auf ungefähr 80 solcher Inseln wohnen 50 000 Menschen mit 70—80 000 Rindern, welche sie auf den niedrigern Inseln weiden lassen; die niedrigsten

---

[1]) La Géographie 1908 p. 421. Hettners Geogr. Ztschr. 1908. p. 470.

Inseln ragen kaum über den Wasserspiegel empor und werden von den Inselbewohnern nicht benutzt. Die Bewohner der höhern südlichen Inseln sind seßhaft, sie beschäftigen sich außer mit Viehzucht mit Hirse- und Baumwollbau, deren Produkte sie nach Kanem verkaufen. Die Bewohner der niedrigern nördlichen Inseln sind nomadisierende Viehzüchter, die mit ihren Herden schwimmend von Insel zu Insel ziehen. Je nach der Wassermenge, die der Schari dem See zuführt, verändert sich sein Niveau; im Dezember erreicht der See seinen höchsten Stand, der das gewöhnliche Niveau bis 120 *cm* übersteigt; dann füllen sich die Strandseen mit Wasser, das zur Sommerszeit verdunstet und eine Salzkruste zurückläßt, die von den Eingeborenen gesammelt wird. Der See ist ziemlich fischreich, die Inselbewohner liegen jedoch nur vereinzelt dem Fischfange ob.

Die Seen in Tibet schilderte auf Grund seiner Forschungen an Ort und Stelle Dr. Sven v. Hedin.[1]) Auf seiner Reise im Jahre 1896 entdeckte er im ersten großen Längentale südlich des Arka-tag 23 Seen. Fast jeder von diesen Seen bildet den Mittelpunkt eines kleinen abflußlosen Beckens und ist deshalb salzig. Die meisten von ihnen sind langgestreckt und wie die Gebirge von Westen nach Osten ausgezogen. Die Ufer sind flach, nur selten fallen die Gebirge steil ins Wasser hinab. Die mittlere absolute Höhe der Seen beträgt 4913 *m*. Die verschiedenen Becken sind durch ganz niedrige Schwellen voneinander getrennt.

Während im nördlichen Teile von Tibet die Salzseen als Regel betrachtet werden können, finden sich in andern Gegenden des Landes nicht selten Süßwasserseen, die dort fast immer mit einem Salzwassersee in Verbindung stehen. Von dieser gewöhnlichen Kombination führt der Reisende einige Beispiele an.

Zwischen den beiden Kwen-lun-Ketten Kalta-alagan und Arkatag findet sich zuerst das große ausgedehnte Becken der beiden Seen Kum-köll. Der obere östliche Basch-kum-köll, auf 3882 *m* Höhe gelegen, ist süß und hat eine Maximaltiefe von 3.78 *m*. Fast ausschließlich von Quellen gespeist, entleert sich der See durch einen Flußarm, der in den untern salzigen Ajag-kum-köll ausmündet, seitdem er einige Nebenflüsse, wie Sassik-jar und Petelik-darja aufgenommen hat. Ajag-kum-köll ist höchstens 16 *km* breit und 44 *km* lang. Am 18. November 1900 unternahm Sven v. Hedin eine Fahrt diagonal über den See. Die größte Tiefe auf dieser ersten Linie betrug 19.68 *m*. Ungefähr ein Siebentel der ganzen Seeoberfläche war jetzt mit einer 1 *cm* dicken Eiskruste bedeckt. Das offene salzige Oberflächenwasser hatte jetzt eine Temperatur von —0.3° und hinderte also die Schmelzung der Eisrinde. Das Süßwasser, welches von dem obern See und den ausmündenden Flüssen stammt, breitet sich in einer dünnen Schicht über das Salzwasser hin aus

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1903. p. 344.

und gefriert um so schneller, als der See eben im Osten sehr seicht ist. Wenn das Wetter ruhig bleibt, kann sich diese Eisrinde lange genug erhalten und sich vielleicht weit in den See hinaus erstrecken.

Nach Nordwesten stiegen die Tiefen schnell von 5 *m* bis 24.03 *m* Maximaltiefe. Noch in der Nähe des Nordufers betrug die Tiefe 19 *m*. Die Ufer des Ajag-kum-köll sind flach und fast steril, nur spärliche, trockene Steppenpflanzen kommen vor. Im Osten und Südwesten sind die Ufer sumpfig, sonst bestehen sie aus alluvialem, trockenem Tone oder Schutte. Hier und da steht eine ein paar Meter hohe Uferterrasse. Im Gegensatze zu den südtibetischen Seen, die sich in einem Zustande von starker Desikkation befinden, scheint die Niveaulage des Ajag-kum-köll ziemlich konstant zu sein; die Austrocknung geht jedenfalls verhältnismäßig langsam vor sich.

Im östlichen Tibet erreichte der Reisende einen sehr großen See auf ziemlich flachem Lande, der in einer Höhe von 4765 *m* gelegen ist. Sein Becken ist im Norden von einer Kette, deren Paßhöhe 5111 *m* beträgt, begrenzt, und im Süden von einer gleichen mit 5426 *m*; beide Ketten liegen jedoch in ein paar Tagereisen Entfernung von dem See. Er steuerte nach Südosten über den höchst merkwürdigen See. Im Osten war kein Land zu sehen. Schon von der Wasserlinie an beginnt eine 2—4 *cm* dicke Salzkruste, welche den ganzen Seeboden bedeckt und allmählich mächtiger wird. Sie ist hart wie Stein und liegt auf rotem Lehme und Schlamme. Noch $1^1/_2$ *km* vom Nordufer ist der See so seicht, daß man zu Fuß gehen muß, und dann trifft das 2 *m* lange Ruder fast überall auf den Grund, nur im Süden gibt es $2^1/_2$ *m* Tiefe. Der Boden ist außerordentlich eben, und stundenlang beträgt die Tiefe 2,2—2,3 m; er ist beinahe ebenso horizontal wie die Wasserfläche. Im Vergleiche mit der Ausdehnung breitet sich diese dünne Wasserschicht wie ein Papierblatt über das Hochlandsbecken aus. Das klare Wasser ist so salzhaltig, daß die Skala des Aräometers mehrere Zentimeter über der Wasserfläche stehen blieb. Boot, Werkzeuge und Instrumente wurden kreideweiß, als ob sie in Kartoffelmehl getaucht worden wären; nach Wassertropfen bildeten sich kleine runde Erhöhungen wie aus Stearin. Der See ist auch ebenso steril wie das Tote Meer. Am Nordufer treten einige Süßwasserquellen zutage. Der Salzsee wird hauptsächlich von einem weiter westlich gelegenen Süßwassersee gespeist; dieser empfängt eine Anzahl Bäche, besonders von einem nordwestlich davon gelegenen, sehr mächtigen Gletschermassiv. Der Verbindungsarm zwischen den Seen ist an der engsten Stelle 58 *m* breit, hat eine Maximaltiefe von 3.34 *m* und eine Wassermenge von 47.57 *cbm* in einer Sekunde. Obgleich das Oberflächenwasser mit einer Geschwindigkeit von bis zu 0.85 *m* in einer Sekunde gegen den Salzsee strömt, ist es absolut untrinkbar und hat schon weit von der Mündung ein spezifisches Gewicht von 1.036. Das Salzwasser

steigt also offenbar im Flußarme bis zu einer Schwelle hinauf, um von dort wieder zum Salzsee mitgeschleppt zu werden. Kleine Crustaceen und andere Wassertiere, die mit dem Wasser fortgerissen werden, sterben schon weit von der Mündung.

Ein anderer Salzsee, kleiner als der vorige und mit geringerm Salzgehalte (spez. Gewicht 1.021), ist auch das Endprodukt einer hydrographischen Kombination. Südöstlich davon findet sich nämlich ein Süßwassersee mit sehr geringer Tiefe (selten 3 *m*), östlich von diesem liegt noch ein Süßwassersee, aber viel größer. In diesem lotete der Reisende die größte Tiefe, die er in den tibetischen Seen überhaupt gefunden hat, nämlich 48.67 *m*, und zwar in der Nähe des Nordufers, wo rote Sandsteinfelsen steil hinabfallen. Die beiden Süßwasserseen sind miteinander durch einen Flußarm verbunden, der zur Zeit 23.7 *cbm* Wasser in einer Sekunde führte; in den Salzsee entleeren sich dort die beiden Seen mit 31.7 *cbm* in der Sekunde. Die Seen, die Sven v. Hedin während der Sommerreise 1900 in Tibet besuchte, liegen auf einer mittlern Höhe von 4905 *m*, nur mit einer Ausnahme höher als der Mont Blanc. Die mittlere Paßhöhe der Parallelketten des Hochlandes beträgt 5220 *m*.

Auf der Reise, die er im August 1901 gegen Lassa unternahm, kreuzte er mit Lebensgefahr einen außerordentlich mächtigen Fluß, der, mit Lehm und Schlamm beladen, gegen Südwesten strömte. Es hatte andauernd geregnet, und die Wassermenge war deshalb maximal. Dieser Fluß, der die Nordgrenze der Provinzen Nakktsong und Namru bildet, wurde früher und ungefähr in derselben Gegend von den Reisenden Bonvalot mit dem Prinzen Heinrich v. Orléans und Rockhill gekreuzt. Weiter unten, in der Nähe seiner Mündung in den Selling-tso, haben ihn Dutreuil de Rhins und Littledale passiert. Aber noch auf den letzten Karten von Tibet sind Oberlauf und Unterlauf als zwei verschiedene Flüsse gezeichnet, es ist aber ein und derselbe und heißt Satju-sangpo. Im allgemeinen ist das ganze hydrographische System in der Gegend von Selling-tso, Nakktsong-tso, Tjargut-tso und Addan-tso auf den Karten falsch gezeichnet. Sogar die Namen sind unrichtig, nur Littledale nennt den Selling-tso. Addan-tso fehlt ganz und gar; der See, der den Tjargut-tso vorstellen soll, liegt 80 *km* zu weit vom Selling-tso entfernt, und zwischen beiden ist eine Bodenerhebung gezeichnet, anstatt des Tales, welches von einem Flusse durchströmt wird, der das Wasser des Tjargut-tso dem Selling-tso zuführt.

Südlich des Selling-tso liegt der Nakktsong-tso, ein pittoresker See mit Inseln, Halbinseln und tief eingeschnittenen Busen. Die Landschaft erinnert stark an die nordischen Fjorde, und die Annahme liegt ja nahe, daß die Entstehung der tibetischen Seen einer frühern Eisbedeckung des Landes zu verdanken ist. Ebensowenig wie den Gebrüdern Schlagintweit ist es Sven v. Hedin jedoch gelungen, Spuren einer Glazialzeit zu entdecken. Nach v. Richthofen fehlen sie auch

in Nordchina. Die noch vorhandenen Moränen in Tibet sind in der unmittelbaren Nähe der jetzigen Gletscher, die freilich im Zurückgehen begriffen sind, zu suchen; sonst finden sie sich nirgends. Erratische Blöcke hat er niemals in diesem Hochlande gesehen, und von Gletscherschliffen ist überhaupt nicht die Rede, auch nicht in Gegenden, wo man Veranlassung haben könnte, solche zu erwarten. Es ist aber sehr leicht möglich, daß etwaige Gletscherspuren schon längst verwischt und verschwunden sind. Eine Tatsache ist jedenfalls auffallend, nämlich daß die meisten Seen in der Nähe der höchsten und mächtigsten Gebirgsketten gelegen sind.

In Westtibet, nördlich des Kara-korum-Gebirges, sind die Seen zahlreich, in dem östlichen Gebiete, nördlich und südlich der Fortsetzung des Kara-korum-Gebirges, findet sich ein ganzes Labyrinth von Seen, wovon einer, der Selling-tso, zweifelsohne der zweitgrößte von ganz Tibet ist, wenn Tengri-nor als der größte betrachtet wird. Je weiter man sich gegen Norden und Süden von diesem Gebiete entfernt, desto seltener werden auch die Seen. Ganz und gar hören sie nirgends auf, wie auch überall Gebirgsketten das Hochland durchziehen. Weit von den Hauptketten entfernt tauchen auch einzelne isolierte Gletschermassive auf, deren Gletscherzungen, obgleich kurz, doch ziemlich mächtig sind. In dem südlich des Arka-tag gelegenen Längentale fand Sven v. Hedin endlich eine Reihe von 23 Seen, darunter neun große. In dem noch südlicher gelegenen Längentale war die Zahl der von Wellby entdeckten Seen schon geringer. Noch sind viel zu große Teile von Tibet unbekannt, als daß man etwas mit vollkommener Sicherheit aussprechen dürfte; aber so viel hat Sven v. Hedin doch gefunden, daß die meisten Seen in der Nähe der größten Gebirge liegen. Da fragt es sich, sagt er, ob nicht die Gebirge etwas mit den Seen zu tun haben, oder, mit andern Worten, ob nicht die Seen ihre Entstehung einer Glazialperiode zu verdanken haben. Nicht einer kältern Periode, denn die Kälte ist noch heutzutage streng genug, sondern einer feuchtern Periode. Daß Himalaya, Tien-schan und Hindu-kusch bedeutend stärker vergletschert waren als jetzt, wissen wir. Und daß auch die Seen sich in einem Zustande des Verschwindens befinden, zeigt Sven v. Hedin selbst. Schon die Uferlinien des Selling-tso beweisen, daß dieser See sich verkleinert.

Sven v. Hedin schildert noch mehr Seen, die zur Familie des Selling-tso gehören. Die meisten Salzseen in Westtibet sind kilometerweit vom Ufer mit weißem Salze bedeckt; der Boden sieht oft während mehrerer Tagereisen aus, als ob er mit pyramidenförmigen Schneehaufen bedeckt wäre. Wenn der Wind über diese Salzflächen weht, wirbelt er das staubfeine Salz in Wolken auf, die ebenso intensiv weiß sind wie die Dampfwolken einer Lokomotive.

Die tibetanischen Seen sind sämtlich in Austrocknung begriffen; der Wasserspiegel des Lakkor-tso, der in 4578 *m* Seehöhe liegt, muß voreinst 133 *m* höher gestanden haben als jetzt. In der Zeit, wo

die höchste Abrasionsterrasse von den Wellen des Sees bearbeitet wurde, waren die relativen Höhenunterschiede weniger ausgeprägt; denn man kann als sicher voraussetzen, daß die Austrocknung des Sees schneller vor sich geht als die Zersetzung der umstehenden Gebirge und die Erosion der Täler. Ebensolche, verhältnismäßig tief gelegene Salzbecken finden sich an den Seen Perutse-tso, Luma-ring-tso und Tsollaring-tso und mehrern andern. Alle sind von kolossalen Salzablagerungen umgeben, und überall finden sich die alten Uferlinien. In einigen Busen sind nur einige kleine Tümpel zurückgeblieben, andere sind gänzlich ausgetrocknet, die Seen von der Erdoberfläche schon verschwunden.

Schließlich gedachte Sven v. Hedin der Seen Tso-ngombo und Panggong-tso im äußersten Westen des tibetischen Hochlandes. Diese Seenkombination hat eine Länge von vollen 140 *km* und eine Breite von höchstens 10 *km*, gewöhnlich viel weniger, manchmal nur sogar von 100, ja von 20 *m*. Der Länge nach sind sie natürlich mit den Gebirgen in diesem Teile Hochasiens parallel orientiert, d. h. NNW—SSO. An beiden Ufern verlaufen mächtige Gebirgsketten, und das enge Tal ähnelt einem gewaltigen Flusse oder einem norwegischen Fjorde oder schottischem Firth. Der Tso-ngombo ist süß und zerfällt in drei kleinere und ein großes, sehr langes Bassin. Diese verschiedenen Becken stehen miteinander durch kurze schmale Flußarme in Verbindung.

Auch am Tso-ngombo sind Uferterrassen deutlich. Die höchste von ihnen, die am Nordufer deutlich sichtbar war, liegt 19.5 *m* über der Seeoberfläche und ist im harten Granite so scharf und deutlich ausgemeißelt, daß man glauben könnte, sie sei ein alter, künstlich ausgehauener Weg, eine Vermutung, die natürlich ausgeschlossen ist, da diese Terrassen an beiden Ufern und immer auf genau derselben Höhe sichtbar sind.

Der Panggong-tso hat salziges Wasser, obgleich bei weitem nicht so salzig wie in den zentralen Seen, das spezifische Gewicht war nur 1.0102. Die größte Tiefe betrug 47.5 *m*.

Durch klimatische Veränderungen hat sich dieser See wie alle übrigen in Tibet allmählich verkleinert. Die Desikkation ist so schnell vorgerückt, daß die Erosionsarbeit des abfließenden Wassers damit nicht hat gleichen Schritt halten können. Das Verhältnis ist endlich so weit gekommen, daß der Süßwassersee vom Indussystem abgeschnitten worden ist. In dieser Weise ist der Indus eines bedeutenden Teiles seines Flußgebietes beraubt worden. Der große Süßwassersee dagegen hat sich immer weiter verkleinert; heutzutage finden wir denselben in 2 Seen geteilt, von denen der untere, abflußlose, bei fortschreitender Austrocknung immer salzreicher werden wird.

Die Moorgebiete Österreichs behandelt Dr. W. Bersch.[1]) Im Vorarlberg finden sich im Flußlaufe des Rheines und den den Bodensee

[1]) Umlauft, Geogr. Rundschau 1903. 25. p. 197.

umgebenden Niederungen Moore von vielen hundert Hektaren Oberfläche. Sie tragen den Charakter der Flachmoore, sind heute schon zum Teile kultiviert oder werden zur Gewinnung von Brenntorf herangezogen. An vielen Stellen sind sie durch periodisch wiederkehrende Überflutungen mit Erde, Sand oder Gerölle bedeckt, an andern wogen auf ihnen Wälder von Schilfrohr und Riedgräsern, die ihnen ein eigentümliches Gepräge verleihen. Häufig werden die genannten Gräser gewonnen, um nach dem Trocknen als Einstreu in Stallungen verwendet zu werden. Neben diesen Flachmooren gibt es, wie überhaupt in allen Gebirgsländern, auch Hochmoore, die jedoch zumeist in dem gebirgigen Teile des Landes zerstreut liegen.

Tirol ist ein moorreiches Land, dessen Moorreichtum jedoch gegenwärtig weder genau bekannt, noch gebührend ausgenutzt wird. Die zahlreichen Moore wechseln sehr in der Größe, von kleinen Flächen angefangen, die kaum ein Joch groß sind, bis zu ansehnlichen Hochmooren mit einer Ausdehnung von 100 *ha* und darüber sind alle Zwischenstufen vorhanden. Manche dieser Moorflächen sind in Kultur genommen worden und haben dadurch ihren ursprünglichen Charakter vollständig eingebüßt. Das interessanteste Moorgebiet Tirols ist im untern Etschtale. Dort zieht sich entlang dem Flußlaufe der Etsch ein fast ununterbrochenes Moorband, das südlich von Bozen beginnt, bis Salurn, bezw. S. Michele hin. Diese Flachmoore verdanken ihr Dasein der Etsch, die, bevor sie reguliert war, das von hohen, steil abfallenden Felswänden eingefaßte Tal in zahlreichen Armen durchströmte und dadurch alle Bedingungen schuf, unter denen sich die Flora der Niederungsmoore mächtig entwickeln konnte. Freilich besitzen die Torfablagerungen nur eine geringe Mächtigkeit, die nur selten 2 *m* erreicht, und an vielen Stellen ist durch Überflutungen, die ansehnliche Lagen von Gerölle zurückließen, die Moorsubstanz ganz dem Auge entzogen worden. An andern Stellen wieder hat die ihre Ufer verlassende Etsch Lücken in die Torflager gerissen, oder hat den Torf derart mit ungemein feinen Mineralteilchen verschlämmt, daß er nur als »anmoorig« bezeichnet werden kann. Selbstredend haben diese regelmäßig wiederkehrenden Überflutungen schon während des Aufbaues dieser Torflager eine Rolle gespielt, und darauf ist der verhältnismäßig bedeutende Aschenreichtum des Torfes aus dem Etschtale zurückzuführen.

Dieser Reichtum des Moorbodens im untern Etschtale an Mineralstoffen ist die Ursache, daß an eine technische Verwertung des Torfes, beispielsweise zu Heizzwecken, nicht oder doch nur in Ausnahmefällen gedacht werden kann. Doch bedingt sie wieder, daß, im Vereine mit dem ausgesprochen südlichen Klima, das Etschtal in landwirtschaftlicher Beziehung mehr einem lachenden Garten gleicht, als einem Moorgebiete, unter dem man sich gewöhnlich, wenn auch zumeist mit Unrecht, nur eine traurige, eintönige Fläche vorzustellen pflegt.

In den andern österreichischen Alpenländern gibt es auch zahlreiche Torflager, deren Größe ungemein wechselt, und die bald vereinzelt in ein stilles Hochgebirgstal eingebettet sind, bald in größerer Häufigkeit aufeinanderfolgen. In der Mehrzahl der Fälle haben wir es hier mit ausgesprochenen Hochmooren zu tun, die nicht nur durch ihre Ausdehnung und Mächtigkeit, sondern auch durch den Reichtum ihrer Flora überraschen. Wir treffen solche Moore ebenso in den Tälern der Flußläufe, wie im Ennstale, an der Salzach, der Mur u. v. a., als auch hoch im Gebirge, nahe der Baumgrenze, oft eingebettet zwischen herrlichen Waldungen, über welche die Gipfel hoher Berge oder mit ewigem Eise bedeckte Flächen herüberblicken. Doch fehlt es in den Alpenländern auch nicht an geschlossenen Moorgebieten. Ein solches zieht sich beispielsweise von Hieflau ennsaufwärts, ein anderes umgibt Salzburg (Leopoldskronmoos, Bürmoos, Waidmoos usw.). Mächtige Torflager finden sich in der Umgebung von Zell am See, in den steierischen und den kärntnerischen Alpen, auch im Drau- und Glantale. Wohl das moorreichste der Alpenländer dürfte Salzburg sein, und darunter wieder jener Teil, den man als präalpines Hügelland anzusprechen pflegt.

Nicht nur das größte, sondern wohl auch das bekannteste geschlossene Moorgebiet Österreichs besitzt Krain in seinem Laibacher Moore. Es lagert in dem ungeheuren Talkessel, den die Karawanken, aus denen der Mangart und der Triglav hervorragen, die Steiner- und die Julischen Alpen um Laibach bilden, und bedeckt eine Fläche von 16 000 *ha*. Umrahmt von hohen, bewaldeten Bergen, nur selten unterbrochen von Felsinseln, die in ihrer abgerundeten Form den Begräbnisstätten nordischer Helden gleichen, bietet die ungeheure, gleichmäßig grüne Fläche, auf der sich nur wenige armselige Dörfer erheben, keinen dem Auge besonders erfreulichen Anblick. Würde nicht die Triester Linie der Südbahn im weiten Bogen das Moor durchziehen, so würde das Laibacher Moor wohl ebenso ungekannt sein wie zahlreiche andere Moore.

Ursprünglich war das Laibacher Moor ein Hochmoor. Doch ist man allem Anscheine nach schon vor Jahrhunderten daran gegangen, den Torf zu gewinnen, und darauf, daß schon zur Zeit der Römer, ja noch viel früher die Laibacher Moorebene besiedelt war, deuten zahlreiche und mitunter kulturgeschichtlich wertvolle Funde, die im Laibacher Moore gemacht wurden. Durch Abtorfung und durch die Brandkultur, wobei die Oberfläche des Moores im Sommer entzündet wurde, um in der Asche einige armselige Buchweizen- und Halerernten zu erzielen, wurde die Hochmoordecke bis auf wenige Stellen fast vollständig entfernt. Heute sehen wir fast überall nur mehr das Niederungsmoor, auf dem sich das jetzt zum größten Teile verschwundene Hochmoor aufgebaut hatte. Durch rationelle Kultur, durch Entwässerung und Düngung könnte das Laibacher Moor in üppige Wiesen umgewandelt werden, deren Heu im südlichen Österreich, vorzugs-

weise in Dalmatien, hochwillkommen wäre. Niederösterreich besitzt, wenn auch nicht ausgedehnte, doch immerhin bemerkenswerte Torflager. Sie befinden sich zum Teile im südwestlichen, gebirgigen, zum Teile im nordwestlichen Viertel. Auch unmittelbar vor den Toren Wiens liegt eine rund 800 *ha* bedeckende Moorfläche, die von der Piesting, der Fischa und dem Kalten Gang durchströmt wird und sich bis nahe zum Leithagebirge erstreckt. Wohl das größte, zusammenhängende Moorgebiet Niederösterreichs ist das Schremser Moor, ein Mischmoor von rund 300 *ha* Fläche, das sowohl zur Gewinnung von Torfstreu als auch von Brenntorf herangezogen wird.

Böhmen ist nicht nur ein ungemein moorreiches Land, sondern auch jenes, das sich der umfassendsten Moorstatistik Österreichs erfreuen kann. Das Verdienst, die zahlreichen Moore Böhmens sowohl in naturwissenschaftlicher, besonders botanischer und geologischer Beziehung, als auch in Hinblick auf ihre Lage, Fläche und mögliche Nutzung erforscht zu haben, gebührt Prof. F. Sitensky. Er berechnet die mächtigern Torflager Böhmens auf 15 000 *ha*, werden auch alle kleinen Torflager mit berücksichtigt, so ergeben sich 25000 *ha*. Werden aber auch jene Torfmoore dazu gerechnet, die durch Entwässerung, Kultur oder durch natürliche Überdeckung mit mineralischem Boden in ihrer Flora das Gepräge der reinen Torfmoore verloren haben, und werden ihnen die vielen Torfwiesen und jene anmoorigen Stellen neuern Ursprunges zugezählt, auf denen die Torfflora noch heute üppig gedeiht, so ergibt sich, daß die Torfmoore Böhmens insgesamt eine Fläche von weit über 30 000 *ha* bedecken. Von dieser Summe entfallen auf den Böhmerwald über 5000 *ha*, auf das böhmische Erzgebirge gegen 4000 *ha*, auf das Isergebirge 2000 *ha* und auf das Riesengebirge über 1500 *ha*. Im böhmisch-mährischen Grenzgebirge sind über 2000 *ha* und im Tepler Gebirge ebenfalls etwa 2000 *ha* Torfmoore vorhanden. Auch in den Niederungen Böhmens befinden sich ausgedehnte Torfmoore, so in der Budweis-Wittingauer Ebene gegen 4500 *ha*, in der Oschitz-Niemes-Hirschberg-Habstein-Böhmisch-Leipaer Ebene 1500 *ha* und im mittlern Elbetale etwa 1000 *ha*. In den Randgebirgen Böhmens herrschen die Hochmoore vor, während im flachern Teile des Landes die Flachmoore weitaus häufiger sind. Selbstredend werden viele Torflager Böhmens auch ausgebeutet, obgleich die Nutzung noch lange nicht auf jener Stufe steht, auf welcher sie nach Ausdehnung und Beschaffenheit der Torflager stehen sollte und könnte.

Eine Eigentümlichkeit Böhmens bilden die sogenannten Mineralmoore, die zu Heil- und Badezwecken benutzt werden. Solche Mineralmoore liegen bei Franzensbad, Marienbad, Soos usw., und sie haben zum Teile auch dazu beigetragen, den Ruf böhmischer Bäder über die ganze Erde zu verbreiten. Von den andern gewöhnlichen Mooren unterscheiden sie sich vornehmlich durch ihren Gehalt an gelösten Mineralstoffen, unter denen an erster Stelle Eisensalze,

und zwar vorzugsweise schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) zu nennen sind. Ihre Heilkraft beruht darin, daß sie zusammenziehend auf die Haut wirken und dadurch einen Reiz hervorrufen, der jedenfalls noch durch die gleichmäßige Temperatur unterstützt wird, in der sich ein im Moorbade Liegender befindet.

Auch Mähren ist ein an Mooren reiches Land. Zwar mangelt hier noch eine Statistik, doch ist wenigstens schon der Anfang einer solchen gemacht worden. Es wurde festgestellt, daß sich in 111 Gemeinden Moore befinden.

In Galizien sind die zahlreichen, sich in vielen Windungen durch die Ebene hinziehenden Flüsse, von denen viele gewaltige Wassermassen mit sich führen, wie geschaffen, ansehnliche Moore entstehen zu lassen. Wir treffen sowohl Hochmoore am Nordabhange der Karpathen, als unzählige Flachmoore verteilt im ganzen Lande, und fast jeder der zahlreichen Flüsse hat zur Entstehung eines Moorgebietes Anlaß gegeben. Den Flußläufen folgend, sowohl am San als am Dniester und am Prut, am Bug und am Styr und ihren Zuflüssen, überall treffen wir typische Flachmoorbildungen, die dem Lande einen eigenen Charakter verleihen. Eines der interessantesten Moorgebiete Galiziens ist jenes, das in dem durch die Weichsel und dem San gebildeten Winkel liegt, denn hier wurde nicht nur ein hervorragendes Stück kultureller Arbeit verrichtet, sondern auch der Grundstein zur zweckmäßigen Kultivierung der galizischen Moore überhaupt gelegt. Ein Teil dieses Moorgebietes, die sogenannten Rudniker Sümpfe, wurde im Jahre 1888 von dem Grafen Hompesch übernommen. Damals waren die Rudniker Sümpfe ein wüstes Stück Land, durch das keine Straßen führten, und das nur wenige Monate des Jahres betreten werden konnte. Der Tatkraft des Grafen Hompesch, im Vereine mit seinem getreuen Mitarbeiter J. Koppens, gelang es, mit Unterstützung des Landes und des Staates binnen wenigen Jahren ein vollständig verändertes Bild zu schaffen. Wo früher unwegsame Stellen waren, erblicken wir jetzt üppige Wiesen; prächtig gepflegte Straßen durchziehen das Moor nach allen Richtungen, und aus der unwegsamen Wildnis sind Moorkulturen geschaffen worden, die nicht nur für Galizien, sondern auch für das übrige Österreich und für jene Teile anderer Länder, in denen ähnliche klimatische Verhältnisse herrschen, zum Vorbilde wurden.

Die Bukowina, ein ausgesprochenes Wald- und Gebirgsland, besitzt Moore, unter denen sich zahlreiche Hochmoore befinden. Man geht nun auch daran, sie auszubeuten, genau so, wie es in Galizien schon seit längerer Zeit geschieht. In vielen Moorgebieten Galiziens wird Brenntorf in großem Maßstabe gewonnen, so in Korsow in Ostgalizien, wo man sich maschineller Einrichtungen bedient, und in der Bukowina gedenkt man der Ausnutzung der Hochmoore zum Zwecke der Streugewinnung volle Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nicht unerwähnt wollen wir es lassen, daß die Bukowina auch zu Dornawatra ein mit allem Luxus und Komfort eingerichtetes Moorbad besitzt.

Gletscher und Glazialphysik.

Die periodischen Schwankungen der Alpengletscher wurde von F. A. Forel behandelt.[1] Er findet folgende Perioden derselben:

20—30	Jahre	(7 Fälle)
30—40	„	(11 „)
40—50	„	(6 „)
50—60	„	(5 „)

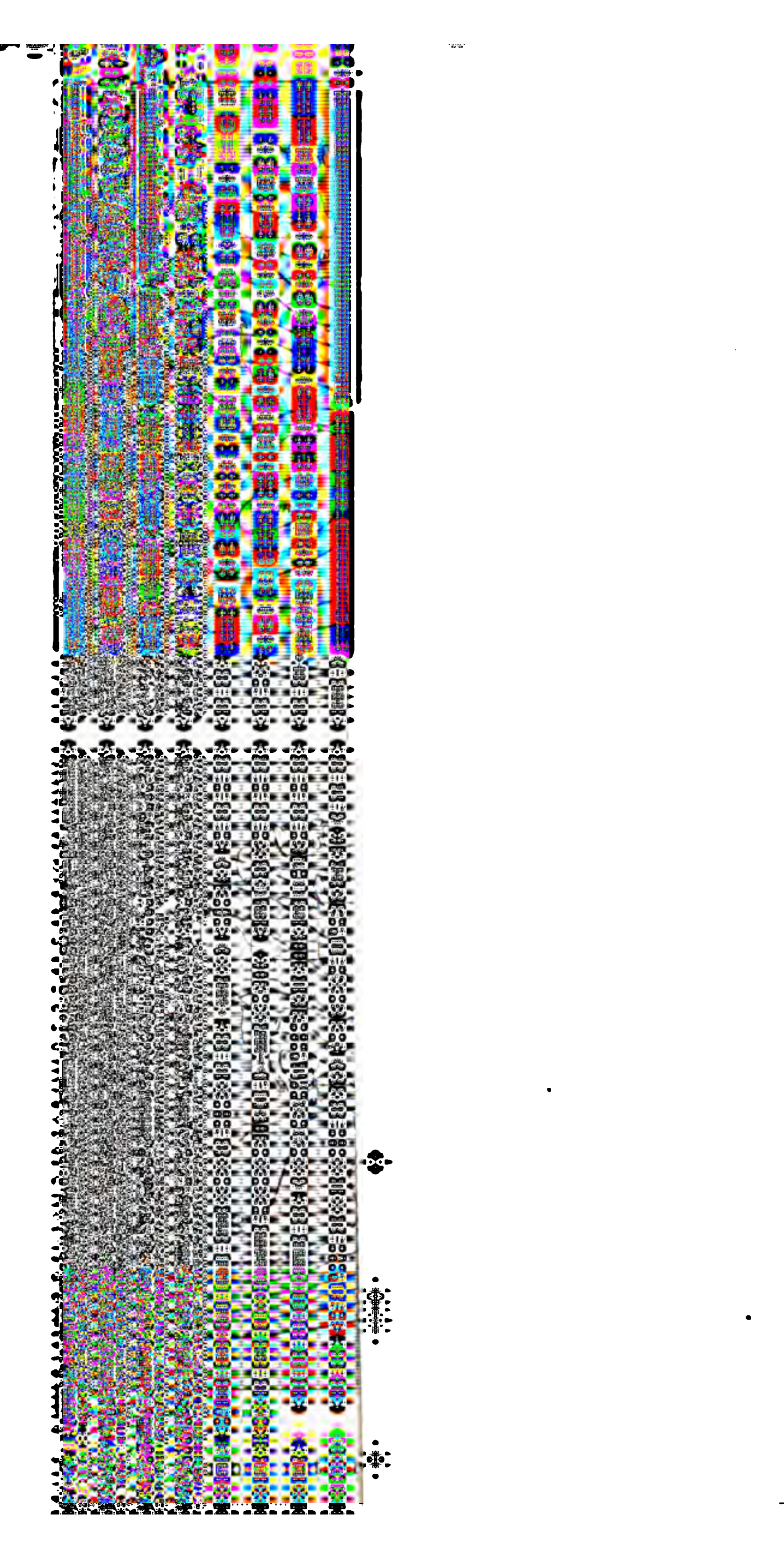
Daraus würde im Mittel eine Periodendauer von 38 Jahren resultieren, was genügend mit der Brücknerschen (35jährigen) Periode der Klimaschwankungen übereinstimmt.

Indessen hält Forel einen Zusammenhang mit dieser nicht für wahrscheinlich, da die bei weitem meisten Alpengletscher so langsame Schwankungen zeigen, daß dieselben sich nicht in eine kurze Periode fügen.

Die Bewegungen des Pasterzegletschers in den Jahren 1900, 1901 und 1902 ist von Dr. H. Angerer in Klagenfurt festgestellt worden.[2] Von 1879—1899 waren die Beobachtungen an diesem Gletscher von F. Seeland verfolgt worden; um nach dessen Tode die Messungen nicht zu unterbrechen, hat Verfasser dieselben wieder aufgenommen und teilt seine Ergebnisse mit. Aus den von ihm mitgeteilten Zahlen ergibt sich, daß sich die Pasterze auch gegenwärtig noch im Rückgange befindet, der schon um die Mitte des 19. Jahrhunderts (1856) begonnen hat. Ganz vereinzelt findet man in Seelands Messungen bei einer oder der andern Marke gelegentlich Zeichen des Vorstoßes, die sich aber stets als vorübergehende Verhältnisse erwiesen und alsbald wieder ausgeglichen haben. Ob sich das an 3 Marken im Jahre 1902 beobachtete Vorrücken gleichfalls auf örtliche Umstände wird zurückführen lassen oder das erste Zeichen eines nunmehr beginnenden Vorrückens der Pasterze bedeutet, müssen die Beobachtungen in den kommenden Jahren ergeben.

Über den Schuttinhalt von Innenmoränen verbreitete sich H. Heß.[3] Man kann, sagt er, 2 Arten solcher Innenmoränen unterscheiden. Die eine wird aus dem Schutte gebildet, welcher an der eisfreien Oberfläche einer über die Firnoberfläche emporragenden Felsinsel durch mechanische Verwitterung entsteht, am Gletscherrande vom Eise aufgenommen und, vereinigt mit dem auf den eisbedeckten Flanken der Insel erodierten Materiale, der Gletscherzunge zugeführt wird. Der gegen das Ende des Gletschers zutage tretende Moränenstreifen enthält also Rand- und Grundschutt. Die andere Art der

[1] Annuaire du d. A. C. 37. Bern.
[2] Mitteil. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins 1903. p. 231.
[3] Petermanns Mitteil. 1903. p. 84..



Innenmoränen bildet eine ebenfalls auf der Gletscherzunge ausmündende Schuttwand im Eise, welche von einem unter der Firnoberfläche verborgenen Felshindernis ausgeht und den Gletscher der Länge nach durchzieht. Ihr Schuttinhalt besteht nur aus Grundschutt.

Daß solche, von unsichtbaren Felsrücken herstammende Innenmoränen vorkommen, ist außer Zweifel, und schon Forbes und Tyndall haben auf dieselben aufmerksam gemacht. Die Moränen der norwegischen Plateaugletscher, sowie die des grönländischen Inlandeises verdanken ihre Existenz zum großen Teile den vom Eise verdeckten Unebenheiten des Untergrundes, um die die Eisströme herumfließen müssen. Das Auftreten derartiger Innenmoränen ist ein direkter Beweis für die auf dem Untergrunde der Gletscher vorkommende splitternde Erosion, bei welcher größere, mehrere *cdm* messende Trümmer vom anstehenden Gesteine abgelöst werden. Gelingt es, die Größe des Schuttinhaltes einer solchen Innenmoräne zu bestimmen, so kann daraus ein annähernd sicherer Schluß auf den Betrag der Erosion gezogen werden, wenn Bewegungs- und Abschmelzungsverhältnisse des in Frage kommenden Gletschers hinreichend genau bekannt sind.

Die Gletscherbildungen in den Anden von Ecuador. Prof. Dr. H. Meyer hat eine Reihe der ecuadorianischen Schneeberge bestiegen,[1]) wochenlang in Höhen über 4000 *m* kampiert und die Gletscher und Firnfelder untersucht. Im Gegensatze zu Whymper hat er gesehen, daß sich Schnee und Eis im äquatorial-amerikanischen Hochgebirge beträchtlich von den Gletschern und Firnfeldern unterscheiden und oft ganz eigenartig sind; nicht nur in ihrer innern Struktur, Schichtung, Bänderung, Korngröße, nicht nur in ihren Oberflächenformen — z. B. in den ungeheuren nieve-penitente-Feldern auf den Gipfeln und höchsten Hängen des Chimborazo und Antisana und in den schuppen- oder schindelförmigen Firnmodellierungen auf dem Gipfel des Cotopaxi rund um den Krater —, sondern auch in der Gestalt und Erstreckung ihrer Moränen, in der Art der Wirkung auf den Untergrund u. a. m. Von den Gletschern des Kilimandjaro weichen nach Meyer die der ecuadorianischen Kordilleren in mancher Beziehung ab; in viel mehr Punkten aber ähneln oder gleichen sie einander, z. B. den nieve-penitente-Oberflächenformen und der Moränenbildung. Hier wie dort findet gegenwärtig ein starker Rückgang der Gletscher, eine weitgehende Abschmelzung der Firndecken statt. Der Stübelgletscher z. B. am Norwest-Chimborazo hat seine Zunge 400 *m* hinter die äußerste seiner jüngern Erdmoränen zurückgezogen, und am südwestlichen Antisana sowie am Altar ist das Maß des rezenten Gletscherrückganges noch größer.

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1903. p. 528.

Ganz analog den Verhältnissen in Äquatorialafrika fand Meyer das Vorkommen unzweifelhafter älterer Glazialbildungen tief unterhalb der rezenten. Wie am Kilimandjaro und Kenia, sagt er, so liegen auch hier im Hochgebirge des äquatorialen Amerika konzentrische Endmoränen, geschliffene und geschrammte Felsen usw. als Hinterlassenschaft von Gletschern der jüngsten geologischen Vergangenheit 700—800 *m* unter den jüngern Endmoränen. Sehr gut kann man sie am östlichen Chimborazo, am Altar im Collanestale, am nordwestlichen Quilindaña, am südwestlichen Antisana beobachten. Die Ursachen der aus diesen Dingen sich ergebenden einstigen großen Klimaschwankung hält Meyer nicht für örtliche, sondern für kosmische, von denen die ganze Erde gleichzeitig betroffen wurde.

Die antarktische Eismauer. Während die deutsche Südpolarexpedition, an der Grenze der südlichen Polarzone eingefroren, sich mit meteorologischen und magnetischen Beobachtungen begnügen mußte und nur ein unmittelbar vor ihr liegendes Stückchen Land zu Gesicht bekam, ist es der englischen Expedition auf der »Discovery« unter Scott gelungen, unsere geographischen Kenntnisse der Antarktis in großartiger Weise zu erweitern. Vor allem war es die von Roß in den 40er Jahren entdeckte geheimnisvolle Eismauer, deren Ausdehnung und geophysikalische Stellung die jetzige englische Expedition untersuchen konnte. Scott erreichte das Kap Crozier und fuhr von hier 1000 *km* den Eiswall entlang nach Osten, entdeckte dort das neue König Eduard-Land und kehrte dann zur Viktoriaküste zurück. Es gelang ihm, an einer Stelle an der Eiskante anzulegen, das Eis selbst zu betreten und eine kurze Strecke weit über dasselbe nach Süden vorzudringen, sowie auch durch einen Aufstieg mit dem Fesselballon einen weitern Überblick zu gewinnen. Auf der Suche nach einem passenden Winterhafen in der Nähe des Kap Crozier entdeckte er, daß die beiden berühmten Vulkankegel Erebus und Terror nicht dem Viktorialande selbst, sondern einer Insel angehören, die von jenem durch einen schmalen Meeresarm getrennt ist. In den letztern fuhr er ein und ließ die »Discovery« einfrieren. Im Südherbste und im Südfrühlinge 1902 unternahmen dann Scott und seine Gefährten von dieser Stelle aus eine Reihe von Ausflügen mit Hundeschlitten. Der bedeutendste von diesen war nach Süden gerichtet, währte 94 Tage und erstreckte sich bis 82° 17′ südl. Br. Die »Discovery« konnte im Südsommer 1902—1903 aus dem Eise, das sich im Winter 1902 gebildet hatte, nicht befreit werden und sitzt vermutlich jetzt noch darin fest. Es ging aber inzwischen eine Hilfsexpedition im »Morning« nach dem Süden ab, fand die »Discovery« auf, verproviantierte sie und kehrte dann nach Neuseeland zurück. Scotts Berichte, die dieses Schiff mitgebracht hat, und die jetzt von der Londoner Geographischen Gesellschaft veröffentlicht worden sind, geben eine ziemlich gute Vorstellung von der Natur der großen Eismauer und der hinter ihr liegenden Gletschermasse. Die Eismauer ist der obere, über dem

Meeresspiegel gelegene Teil des Randes einer Hunderte von Metern mächtigen und bei 1000 *km* breiten Eisplatte, die sich südlich von einer gegen Nord konkaven zwischen 77 und 79° südl. Br. gelegenen Linie zwischen dem Viktoria- und Eduardlande ausbreitet. Die Mauer ist bald nur 10, bald bis 90 *m* hoch. Das Meer ist vor der Mitte der Eismauer bei 600 *m* tief und wird gegen die Länder, die sie im Osten und Westen berühren, seichter. Eine vertikale Bewegung des an der Eismauer verankerten Schiffes wurde nicht beobachtet, woraus zu schließen ist, daß die Eismasse, deren Rand die Mauer bildet, nicht am Meeresgrunde festsitzt, sondern schwimmt und, geradeso wie das Schiff, von der Flut gehoben wird, bei Ebbe aber sich senkt. Die Oberfläche der Eisplatte ist im ganzen horizontal, im Norden wellenförmig, im Westen aber flach. Eine deutliche Randkluft trennt die ganze Eismasse von dem Viktorialande. Diese hatte an einer Stelle weit im Süden eine Breite von $1^1/_2$ *km* und war hier mit Eistrümmern erfüllt. Aus diesen Entdeckungen ist zu entnehmen, daß sich zwischen dem Viktoria- und dem Eduardlande eine unter der Meeresfläche liegende Senkung ausdehnt, und daß diese Depression von einer auf dem Meere schwimmenden, stellenweise, wo die Tiefe geringer ist, wohl auch unmittelbar dem Meeresgrunde aufruhenden Eisplatte eingenommen wird, die sich — wie jene große Randkluft zeigt — anders als das dem Lande aufsitzende Eis bewegt. Der Schneezuwachs an ihrer Oberseite überwiegt die Abschmelzung an ihrer Unterseite, was zu einer, der Bewegung unserer Alpengletscher ähnlichen Bewegung der ganzen Eismasse von Süden nach Norden führt. In dem Maße, wie die Eismasse von Süden her anrückt, brechen im Norden kleinere und größere Teile von ihr ab, um dann in Gestalt jener großen tafelförmigen Eisberge, die bis in ziemlich niedere Breiten hinab angetroffen werden, davon zu schwimmen. In kalten und weniger stürmischen Perioden wird die Linie, der entlang diese Abbrechung stattfindet, weiter nach Norden vorrücken, in wärmern und stürmischen Perioden aber nach Süden zurückweichen und so in bezug auf die Lage ähnliche Schwankungen zeigen wie die Stirnen unserer Alpengletscher. Immer aber wird das Ende, der Rand der ganzen Eismasse, eine Bruchfläche sein, deren oberer Teil in Gestalt einer Eismauer über die Oberfläche des Meeres emporragt.

Die Beziehungen des alten Rheinlaufes zum Inlandeise der Glazialzeit hat J. Lorié untersucht und dargestellt.[1]) Von Godesberg bis zur holländischen Grenze konnte er drei diluviale Terrassen erkennen, von denen die untere bei Bonn in 62 *m*, bei Brühl in 25 *m*, bei Köln in 50 *m*, bei Crefeld in 25 *m* und an der holländischen Grenze in 20 *m* Höhe liegt. Die mittlere Terrasse liegt einige Meter höher, und beide sind nach Lorié durch Erosion entstanden. Die mittlere Terrasse wird vielfach von einer obern, steil geböschten Terrasse

[1]) Tydschr. K. Ned. Aard. Gen. 1902 Nr. 2 u. 3.

begrenzt, westwärts die bei Bonn in 162 *m*, bei Köln in 120 *m*, bei Suchteln in 87 *m* und an ihrem Endpunkte bei Weeze in 32 *m* Seehöhe liegt. Die Ostseite der Terrasse zeigt unregelmäßige Höhenlage. Nach dem Verf. sind diese Terrassen Überreste alter Flußbetten in der Eiszeit.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Die Mengen der neuentdeckten Gase in der Atmosphäre sind wiederholt von Ramsay untersucht worden. Da diese Gase nur in sehr geringem Verhältnisse der Luft beigemischt sind, so ist ihre quantitative Bestimmung überaus schwierig. Mit Hilfe eines neuen Apparates gelang es nun kürzlich Professor Ramsay, nicht weniger als 11.3 *kg* flüssiger Luft herzustellen und deren Zusammensetzung zu ermitteln. Es fand sich, daß dieselbe 21.3 *g* Argon enthielt, d. h. 0.0118 % der gasförmigen oder 0.1885 % der flüssigen Luft; ferner 0.028 *g* Krypton, also 0.000 014 % vom Gewichte der gasförmigen Luft; endlich 0.0005 *g* Xenon, gleich 0.000 0026 Gewichtsprozente der Luft. Sonach ist ein Gewichtsteil Krypton in 7 000 000 Gewichtsteilen atmosphärischer Luft enthalten, ein Gewichtsteil Xenon kommt dagegen erst auf 40 000 000 Gewichtsteile der Luft. Nimmt man an, daß beide Gase durch die ganze Atmosphäre gleichmäßig verteilt sind, so sind nach diesen neuesten Bestimmungen in der gesamten Erdatmosphäre doch nicht weniger als 800 000 000 000 *kg* Krypton und von dem seltenen Xenon ist noch immer ein Quantum von etwa 140 000 000 000 *kg* Gewicht vorhanden.

Die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft in verschiedenen Höhen. Die Luft enthält nach unserer heutigen Kenntnis im wesentlichen acht gasförmige Elemente: Stickstoff, Sauerstoff, Argon, Kohlensäure, Wasserstoff, Neon, Helium, Krypton. An der Erdoberfläche sind sie in Volumprozenten wie folgt verteilt: Stickstoff 78.03, Sauerstoff 20.99, Argon 0.94, Kohlensäure 0.03, Wasserstoff 0,01, Neon 0.0015, Helium 0.00015, Krypton 0.00010. Da nach physikalischem Gesetze Gase, die nicht chemisch aufeinander wirken, sich in einem gegebenen Raume unabhängig voneinander verteilen, d. h. so, als wenn jedes Gas nur für sich allein vorhanden wäre, so muß die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft sich mit der Höhe ändern, und zwar in der Weise, daß die leichten Gase mit zunehmender Höhe immer mehr das Übergewicht über die schweren erhalten. Professor Hann hat einige Berechnungen über die Luft in verschiedenen Höhen veröffentlicht.[1]) Hiernach hat der Wasserstoff in 50 *km* Höhe schon $^1/_8$ der Menge des Sauerstoffes erreicht, in 100 *km* Höhe überwiegt er schon so weit, daß die Atmosphäre dort zu 0.9 aus Wasserstoff besteht. Auch der Heliumgehalt ist dort größer als der Sauerstoffgehalt der Luft. Kohlensäure ist schon in

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1903.

50 *km* Höhe das seltenste Gas geworden. Diese Angaben gelten unter Zugrundelegung einer Lufttemperatur von 0°. In Wirklichkeit sind aber die mittlern Temperaturen der Luft in Höhen von mehrern Kilometern erheblich niedriger, in 50 *km* Höhe etwa —60°, in 100 *km* Höhe vielleicht —80°. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache findet Professor Hann, daß 100 *km* über dem Erdboden die Luft fast nur noch aus Wasserstoff (99.4 Volumenprozente) und Helium (0.45 Volumenprozente) besteht. Mit diesem Ergebnis stimmen die spektroskopischen Befunde von Lichterscheinungen in sehr großen Höhen der Atmosphäre überein. Das Spektrum einer Feuerkugel zeigte die Linien des Wasserstoffes und des Heliums, diese Feuermeteore aber leuchten in Höhen von 100—200 *km* auf. Außer den oben angegebenen 8 Gasen findet sich in der Atmosphäre noch als überaus seltenes Element das Xenon; es ist bei weitem das schwerste aller atmosphärischen Gase und auf die untersten Luftschichten beschränkt. Im Spektrum des Blitzes fand Pickering hauptsächlich die Linien des Argons, Kryptons und Xenons, und die Spektrallinien des Nordlichtes entsprechen nach Ramsay den grünen Linien, die das Spektrum des Kryptons charakterisieren.

Lufttemperatur.

Die Schwankungen der mittlern Lufttemperatur der Erde sind von Charles Nordmann untersucht worden.[1]) Er beschränkt sich dabei auf die tropischen Regionen und benutzte die seit 1870 angestellten Beobachtungen folgender Stationen: Mauritius, Rodriguez, Bombay, Batavia, Zi-ka-Wei, Hongkong, Manila, Havana, Jamaika, Trinidad, Port-au-Prince, Riff von Pernambuco, Sierra Leone. Für jedes Jahr wird vom Verf. das allgemeine Mittel der Abweichungen vom Mittel aller Stationen, sodann das ausgeglichene Mittel angegeben. Damit wird die Schwankung der Relativzahlen der Sonnenflecke verglichen. Entwirft man eine Kurve, deren Abszissen die Jahre, deren Ordinaten die Zahlen der ausgeglichenen Temperaturmittel bilden, und eine zweite, deren Ordinaten die Sonnenflecke sind, und zwar negativ genommen, so erhält man 2 Kurven von vollkommen parallelem Gange. Auch die eingehendere Prüfung der Kurven bestätigt den Parallelismus beider. Verf. leitet aus dieser Untersuchung folgenden Schluß ab: »Die mittlere Temperatur der Erde ist einer Periode unterworfen, die ziemlich gleich ist derjenigen der Sonnenflecke; die Wirkung der Flecke besteht in der Verringerung der mittlern Erdtemperatur, d. h. die Kurve, welche letztere darstellt, ist parallel der umgekehrten Kurve der Häufigkeit der Sonnenflecke.«

Der antarktische Kältepol. Die englische Südpolarexpedition des Schiffes Discovery hat auf ihrer Winterstation in 77° 49' südl. Br. und 166° östl. L.,21 englische Meilen von dem Vulkane Erebus entfernt,

---

[1]) Compt. rend. 86. p. 407.

von Februar 1902 bis Ende Januar 1903 regelmäßige meteorologische Beobachtungen angestellt. Dieselben ergaben als tiefste Temperatur (im August) — 45.8°, als höchste + 3.9° (im Dezember) und als jährlichen Durchschnitt — 17.8°. Diese Mitteltemperatur ist überaus niedrig; zwar hat man in den dem Nordpole nahen Gegenden noch um einige Grade tiefere Mitteltemperaturen beobachtet, allein diese Gegenden liegen alle dem Pole weit näher, als die Station der Discovery. H. Arctowski, der Meteorologe der Belgica auf ihrer Südpolarreise 1898 und 1899, schließt deshalb, daß der antarktische Kältepol eine bedeutend tiefere Temperatur aufweisen muß als der sibirische oder grönländische Kältepol der Nordhemisphäre. Das oben angegebene Temperaturminimum wurde an Bord beobachtet, 3 *km* entfernt fand sich dagegen eine Temperatur von — 52°. Der tiefste auf der Discovery beobachtete Barometerstand war 713.6 *mm*, und Arctowsky schließt daraus beim Vergleiche mit den Beobachtungen der Belgica (1898—1899) und am Kap Adare (1899—1900), daß der Barometerdruck gegen den Südpol hin zunimmt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die große antarktische Eiskalotte von einem Gürtel niedrigen Luftdruckes umgeben ist, innerhalb dessen Zyklone von West nach Ost ihre Bahn beschreiben, also in derselben Richtung laufen wie die Zyklone der nördlichen Gegenden. Im Winter der südlichen Polarzone dreht sich der Wind von Ost gegen Süd und verharrt in Südwest mit der größten Stärke, dann dreht er gegen Ost zurück. Nördliche Winde kommen dort nur im Sommer vor. Die größten Geschwindigkeiten des Windes erreichten 65—70 englische Meilen in der Stunde. Im Winter gab das Barometer keinerlei Andeutungen vom Herannahen eines Sturmes. Die Station der Discovery befand sich in der Nähe der beiden von Roß entdeckten Vulkane Erebus und Terror, die sich aber nicht, wie der Entdecker glaubte, auf einem Festlande, sondern auf einer Insel erheben. Südlich von dieser Insel, in der Nähe einer Landspitze, die den Namen Armitage erhielt, lag die Discovery fest. Westlich davon erstreckte sich die Verlängerung des Viktorialandes: gegen Süden, sie erschien sehr bergig, und das Binneneis erreichte 80 Meilen von der Küste 3000 *m* Höhe, in Gestalt eines ungeheuren Plateaus, das sich gegen Osten und Süden ausdehnte. Der Rauch des 3800 *m* hohen Vulkanes Erebus bildete für die Beobachter der Discovery eine ausgezeichnete Windfahne, und es ergab sich daraus, daß in der Höhe hauptsächlich südwestliche und westliche Winde vorherrschend waren, übereinstimmend mit dem, was früher die Belgica aus den Bewegungen der obern Wolken erschlossen hatte.

Die Wärmeabnahme mit der Höhe an der schottischen Westküste. Im Jahre 1902 wurde von W. N. Shaw und W. H. Dines auf Veranlassung der Kgl. Meteorol. Gesellschaft von der Insel Crinan und vom Deck eines Dampfers im Jura Sund aus (40) Drachenaufstiege

geleitet, um die Luftverhältnisse in der Höhe zu untersuchen.[1] Die mittlere Wärmeabnahme für je 500 *m* betrug für Intervalle zu 500 *m*:

	0—500	500—1000	1000—1500	1500—2000	2000—2500	2500—3000	3000—3500 *m*
Juli	3.0	2.8	2.2	2.0	2.0	—	—
August	2.6	2.8	2.3	2.1	2.0	2.0	1.7

Die Extreme pro 500 *m* waren 4° und 1°, letzteres mit einer Umkehrung der Temperatur. Es gab eine Temperaturumkehrung mit sehr trockener Luft oberhalb einer Wolkenschicht, bei gleichzeitigen steilsten Gradienten an der Erdoberfläche. Die steilsten Gradienten in den untersten Schichten traten ein bei antizyklonalen Verhältnissen, die dem Herannahen einer Depression vorausgingen. In 50 % der Fälle waren die Depressionen mit einer Verminderung der Wärmeabnahme verbunden. Beim Vorübergange einer Depression auf der Nord- wie auf der Südseite wurde die Luftsäule über Crinan relativ gleichförmiger in ihrer Temperatur und deshalb wohl relativ warm.

Die mittlere Wärmeabnahme mit der Höhe über Crinan pro 100 *m* war folgende:

Höhe der Luftsäule . . .	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500 *m*
Wärmeabnahme per 100 *m*	0.56	0.56	0.52	0.50	0.48	0.46	0.43°

Diese Ergebnisse beziehen sich auf einen mäßig heftigen Wind, also auf bestimmte Wettertypen. Die Gradienten für die höhern Schichten sind deshalb nicht so allgemein anwendbar, als jene für die untern.

Die mittlere Wärmeabnahme aus diesen Beobachtungen ist gleich jener in gesättigt feuchter aufsteigender Luft von 12° bis zu 2000 *m*. Sie entspricht auch der in England üblichen Temperaturreduktion auf ein anderes Niveau, d. i. 1° F. pro 300 engl. Fuß. Zum Schlusse werden die Temperaturunterschiede zwischen dem Gipfel des Ben-Nevis und der Atmosphäre in gleicher Höhe untersucht. Es ergibt sich, daß diese Differenzen stets positiv sind, d. h. daß die freie Luft im Mittel um 2.3° wärmer ist als die Luft auf dem Berggipfel. Die Erklärung wird darin gesucht, daß die Luft von der See her infolge der vorwiegenden W-Winde an dem Berge aufsteigen muß und sich dabei dynamisch abkühlt. Diese adiabatische Temperaturabnahme wird aber über der See in der freien Luft nicht erreicht.

Temperaturumkehrungen in der Höhe der Atmosphäre. Über diese früher nur gelegentlich an Gebirgen beobachtete Erscheinung haben die Beobachtungen am aeronautischen Observatorium bei Berlin zahlreiche Daten geliefert. Prof. R. Assmann berichtet darüber:[2] Als Temperaturumkehrung wurden alle diejenigen Fälle angesehen, bei denen eine Temperatur vorgefunden wurde, die tatsächlich höher war als die der angrenzenden tiefern Luftschicht; auf den Betrag dieses Unterschiedes wurde keine Rücksicht genommen, ebenso

[1] Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 418.
[2] Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1903. p. 298.

wurden »Isothermien« außer Betracht gelassen, obwohl sie genetisch mit den Inversionen zusammenhängen.

Eine Übersicht über die Anzahl und Verteilung der aufgefundenen Inversionen gibt folgende Tabelle:

	1902					1903		Summe
	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Januar	Febr.	
Zahl der Aufstiege	24	33	28	25	26	31	38	205
Zahl der Inversionen	3	8	11	20	17	21	17	97
Inversion in Proz.	12	24	39	80	65	68	45	47.3

»Die Zusammenstellung lehrt, daß bei 47.3% der zugrunde gelegten Aufstiege Temperaturumkehrungen angetroffen wurden.

Ein starkes Anwachsen der Häufigkeit während der Wintermonate ist sehr deutlich ausgesprochen; bei näherer Betrachtung aber erkennt man, daß nicht so sehr die Jahreszeit als der Charakter der Witterung und besonders die Druckverteilung die Häufigkeit der Inversionen beherrscht. Im November und Dezember 1902 und im Januar 1903, welche mehrere längere Frostperioden bei antizyklonaler Druckverteilung hatten, wurden bei $^2/_3$ bis $^4/_5$ aller Aufstiege Umkehrungen vorgefunden, in den übrigen Monaten bei zyklonaler Witterung erheblich seltener. Über die Höhen, in denen die Inversionen angetroffen wurden, gibt die nachfolgende Tabelle Aufschluß, in der dieselben Höhenstufen zugrunde gelegt wurden, wie sie für die täglichen Veröffentlichungen des aeronautischen Observatoriums üblich sind.

Um auch über den Betrag der Umkehrung ein wenigstens angenähertes Bild geben zu können, wurden die »Inversionsgradienten« zwischen den untern und obern Grenzen der Inversionsschichten für die hierzu geeigneten Fälle ermittelt, wobei alle diejenigen Umkehrungen außer Betracht blieben, bei denen die Mächtigkeit der Inversionsschicht eine geringe war.

Höhenstufen in Metern	40 (Station) bis 200	200 bis 500	500 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000	2000 bis 2500
Zahl der Fälle	27	39	35	23	14	6
Zunahme auf 100 *m* Erhebung .	1.74°	1.38°	1.21°	1.07°	1.53°	0.78°

Da die Aufstiege in den Vormittagsstunden zur Ausführung kamen, fallen diejenigen Temperaturumkehrungen fort, welche nach jeder klaren Nacht in den ersten Morgenstunden auftreten und nur auf die unterste Luftschicht beschränkt sind.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Anzahl der Aufstiege bis zu 200 *m* Höhe die größtmögliche, d. h. gleich der Gesamtzahl aller Aufstiege ist, erscheint es bemerkenswert, daß die größte Häufigkeit der Inversionen nicht in diese unterste Schicht, sondern in die beiden darüberliegenden, 200—500 und 500—1000 *m* umfassenden fällt; mit wachsender Höhe scheint dieselbe schnell abzunehmen, obwohl man den dort gefundenen Werten wegen der geringern Zahl der Aufstiege ein geringeres Gewicht beilegen muß.

Immerhin wird man nicht allzuweit fehl gehen, wenn man die zwischen 200 und 1500 *m* liegenden Schichten als diejenigen ansieht, in denen Inversionen am häufigsten aufzutreten pflegen.

Oberhalb von 2500 *m* Höhe wurden solche überhaupt nicht angetroffen, obwohl die Zahl der Fälle, in denen diese Höhe überschritten wurde, 33 beträgt.

Der Betrag der Inversionen nimmt recht regelmäßig mit der Höhe ab; das Wiederanwachsen bei 1500—2000 *m* Höhe muß als unsicher erscheinen, obgleich 2000 *m* in 65 Aufstiegen überschritten wurden; ein gleiches gilt von der Verminderung bei 2000—2500 m Höhe.

Die vertikale Mächtigkeit der Umkehrschichten, welche sich nicht gut in Durchschnittswerten ausdrücken läßt, scheint im Winter, und besonders während der Frostperioden, eine größere gewesen zu sein: am 6. Dezember erstreckte sie sich vom Erdboden bis zu 1000 *m* Höhe, ebenso vom 20.—23. Januar; auch bis zur Höhe von 2000 *m* kamen Inversionsschichten von 1000 *m* Dicke vor. Gemeinhin aber blieb ihre Mächtigkeit unter 500 *m*.

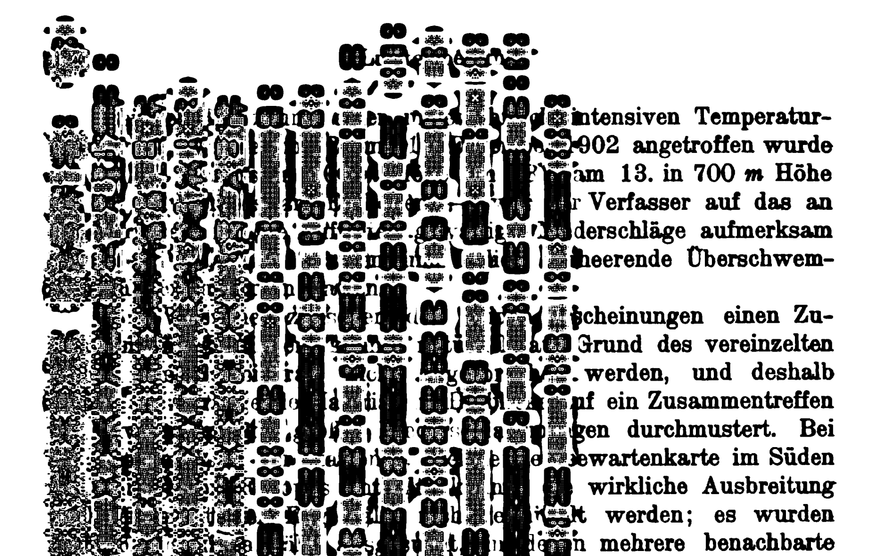
Zur Untersuchung der Beziehungen zwischen den Inversionen und der Verteilung des Luftdruckes wurden dieselben nach den barometrischen Typen und deren Lage zum Beobachtungsorte, Berlin, angeordnet. Die folgende Tabelle gibt hierüber Aufschluß unter Hinzufügung der Häufigkeit in Prozenten, des mittlern Inversionsgradienten auf 100 *m* Erhebung und der mittlern Höhe, in der die Umkehrungen angetroffen wurden.

	Antizyklonen									Übergangsgebiet	Zyklonen
Rand der Antizyklonen . .	Zentr.	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Häufigkeit in Prozenten . .	11	14	5	5	3	6	6	11	8	26	6
Mittlere Zunahme auf 100 *m*	0.7°	1.4°	2.0°	1.2°	1.3°	1.7°	0.9°	1.9°	2.2°	1.4°	2.8°
Mittlere Höhenlage in Metern	650	800	960	780	890	480	570	380	330	680	380

Wenn man auch diesen Werten eine allzugroße Beweiskraft nicht zuerteilen darf, geht doch aus denselben das große Übergewicht der Übergangszonen zwischen einer Antizyklone und einer Zyklone deutlich hervor, der sich das Zentrum sowie der Nord-Nordwest- und Westrand der Antizyklonen zunächst anreihen. Der Betrag der Interversion schließt sich der Häufigkeit ziemlich gut insofern an, als er am Nord- und Westrande erheblich größer ist als am Ost- und Südrande. Die Übergangszone weist einen mittlern Betrag, das Zentrum der Antizyklone den kleinsten auf.

Sehr merkwürdig und neu ist die starke Temperaturumkehrung in der Nähe der Zyklonen, welche die aller übrigen Lagen übertrifft.

Die mittlere Höhenlage der Inversionsschicht scheint in der Nähe der Zyklonen und am West-, sowie am Nordrande der Antizyklonen, d. h. dem Gebiete der Zyklonen zunächst, am geringsten, an deren Nord- und Ostseite am größten zu sein; die Übergangszone und das Zentrum der Antizyklone zeigen eine mittlere Höhe.



intensiven Temperatur-
902 angetroffen wurde
am 13. in 700 *m* Höhe
r Verfasser auf das an
derschläge aufmerksam
heerende Überschwem-

scheinungen einen Zu-
Grund des vereinzelten
werden, und deshalb
f ein Zusammentreffen
gen durchmustert. Bei
wartenkarte im Süden
wirkliche Ausbreitung
werden; es wurden
n mehrere benachbarte
m Höhe meldeten, und
ngeordneten Inversionen

te dieser Untersuchung.

[illegible]	SE	S	SW	W	NW
[illegible]	3	6	6	10	7
[illegible]	—	—	—	2	4
[illegible]	1	1	1	3	2
[illegible]	2	3	1	2	1
[illegible]	3	4	2	7	7

[illegible]	SE	S	SW	W	NW	Zykl.
[illegible]	1	1	—	5	8	6
[illegible]	1	—	—	1	2	2
[illegible]	—	1	—	—	—	1
[illegible]	—	—	—	2	2	1
[illegible]	1	1	—	3	4	4

kennen, daß von 91 in
version 52, also 57 %,
ffen, welche am Vortage
pa niedergegangen sind.
große Regenfälle, und
einer mittlern Entfer-
rden sind, so dürfte der
z beträchtlich über dem
keit liegt, und daß man
wischen den beiden Vor-
oretischen Betrachtungen

Eine nähere Untersuchung läßt erkennen, daß der Rand der Antizyklone, an welchem die Inversionen beobachtet wurden, meist derjenigen Gegend gegenüber liegt, in der die Niederschläge stattfinden: am Nord- und Nordwestrande der Antizyklonen fallen am häufigsten im Westen, d. h. in Irland und England, große Regenmengen, am Ost- und Südrande meist in Spanien und Italien; am Westrande und im Zentrum einer Antizyklone sind die entsprechenden Werte ziemlich gleich verteilt. Das Nämliche gilt für die Übergangszonen. Es dürfte daher nicht ganz unbegründet sein, anzunehmen, daß eine gewisse Beziehung zwischen den beiden Vorgängen wirklich besteht.«

Um nun einen, wenn auch nur annähernd richtigen Maßstab für die Bewertung der dynamischen Vorgänge bei den am aeronautischen Observatorium ermittelten Temperaturinversionen zu gewinnen, wurden diejenigen Fälle ausgesondert, bei denen am nächstgelegenen Ursprungsorte der herrschenden Luftströmung, d. h. in der den Strom speisenden Antizyklone, eine nennenswert höhere Temperatur geherrscht hat als in Berlin.

Das Ergebnis ist, daß dies bei 12 Fällen von 93, d. h. bei 13 % derselben festgestellt werden konnte, und daß dieselben fast ausschließlich bei südwestlicher und südlicher Lage der Antizyklone und in der Nähe von Depressionen gefunden wurden.

Eine Auszählung derjenigen Inversionen, die unmittelbar über einer geschlossenen Wolkendecke angetroffen wurden, ergab 32 von 79 Fällen, d. h. 40.5 %, und zeigte, daß dieselben vornehmlich den Übergangszonen, den Zyklonen und dem Nordrande der Antizyklonen angehörten. Nach dem oben Ausgeführten wird man nicht umhin können, dieselben dem Vorhandensein einer obern, aus der Antizyklone stammenden niedersinkenden, über einem dem Zyklonenregime angehörigen aufsteigenden Luftstrome zuzuschreiben. Dieselben lassen auch erkennen, daß der Luftaustausch zwischen den Antizyklonen und Zyklonen keineswegs nach dem gewöhnlichen Schema erfolgt, das ein Ausströmen aus der Antizyklone und ein Zuströmen zur Zyklone nur in den untersten Schichten annimmt, sondern daß auch bis zu größern Höhen absteigende Luftströme sich dem Zyklonenkörper nähern und mannigfache Überlagerungen und Einkeilungen von Luftmassen beider Regime vorkommen.

Die vertikale Wärmeleitung in der Atmosphäre. Prof. A. Schmidt gibt auf Grund seiner Untersuchungen eine von der bisherigen wesentlich abweichende Darstellung dieses Vorganges.[1] Er entwirft schließlich folgendes Bild der tatsächlichen Verhältnisse und ihres Kausalzusammenhanges: »Aus dem Vorrat der der Atmosphäre besonders durch Strahlung zugeführten Wärmemengen, für welche eine mit der Dichte nach oben abnehmende Volumenkapazität besteht, bildet sich ein ununterbrochen fortdauernder Strom geleiteter Wärme von oben nach unten. Nur in sehr seltenen lokalen und vorübergehenden Fällen hört dieser Strom auf, es besteht an den betreffenden Orten thermisches Gleichgewicht mit einer Abnahme der Temperatur von unten nach oben um 1.4° pro 100 *m*. An Orten, wo der Wärmestrom aufhört oder sich vermindert, weil durch Konvektion Wärme von unten nach oben geführt wird, findet solange eine Verschiebung

[1] Gerland, Beiträge zur Geophysik 1903. **6**. p. 156.

der Isothermenflächen statt, die sich über diesen Orten nach oben zusammendrängen. Durch jede Vergrößerung des vertikalen Isothermenabstandes wird der Wärmestrom vertsärkt, durch jede Verminderung verlangsamt. In den Höhen unter 6 *km* findet sowohl wegen der freiwerdenden latenten Wärme des Wassers als auch wegen der erhöhten Absorption von Wärmestrahlen durch den Wasserdampf der Luft eine mit der Jahreszeit veränderliche Wärmezufuhr statt unter nach unten zunehmender Verstärkung des nächtlichen Leitungsstromes, besonders in der warmen Jahreszeit und bei einer mit der Jahreszeit und Tageszeit sckwankenden Höhe der Isothermen. Über dieser Höhe sind die Orte häufigster Verzögerung des Leitungsstromes unter teilweiser Ausbildung labiler Gleichgewichtslagerungen.

Da die Wärmeleitungsfähigkeit der Luft von ihrer Dichte unabhängig ist, aber mit der Temperatur, bezw. mittlern molekularen Geschwindigkeit wächst, so erfordert dieselbe Stromstärke eine um so größere Entfernung der Isothermen bis zu Temperaturumkehrungen, um so stärkere Abweichung vom thermischen Gleichgewicht, je niederer die Temperatur ist. In den Höhen von 6—8 *km* bei etwa —30° nimmt die Temperatur rascher ab als in 13—14 *km* mit Temperaturen von etwa —60°. Dort entspricht einem mittlern Temperaturgefälle von 0.7—0.8° pro 100 *m* eine Entfernung von nur 0.6 vom thermischen Gleichgewichtsgefälle, hier bei fast 0° Temperaturabnahme eine etwa doppelt so starke Abweichung. Es sind also die labilen Lagerungen zwischen 6 und 8 *km* als Hemmungen des vertikalen Wärmestromes zu deuten, die besonders zur Zeit des Spätsommers unter damit verbundener Erhöhung der Isothermen eintreten. Das annähernde Verschwinden aber des Temperaturgradienten in Höhen über 13 *km* (nach Assmann sind bis $19^1/_2$ *km* auch wieder Temperaturabnahmen konstatiert worden) entspringt einer Verminderung der Leitungsfähigkeit der Luft in sehr tiefer Temperatur.

Von dem in unbekannter Höhe über dem Erdboden entspringenden breiten und trägen Strome abwärts geleiteter Wärme kann die Existenz so lange nicht erkannt werden, als ein falsches Wärmeleitungsgesetz den Einfluß der Schwere auf die Wärmeverteilung leugnet. Noch nicht lange ist es her, daß selbst die Erscheinungen an der Mündung des Stromes falsch gewürdigt wurden, und es fast als ein Dogma galt, daß die Atmosphäre außerordentlich diatherman sei, und weitaus den größten Teil ihrer Wärme nicht der direkten Absorption der Sonnenstrahlen, sondern der mit Konvektion verbundenen Leitung vom Erdboden verdanke.«

W. von Bezold hat am Verlaufe des Temperaturganges in den untern Atmosphärenschichten bei Veranlassung der theoretischen Bearbeitung der Berliner wissenschaftlichen Luftfahrten unwiderleglich nachgewiesen, daß der Boden erheblich mehr abkühlend als erwärmend auf die untern Luftschichten einwirke. »Das ist«, sagt Prof. Schmidt,

»das Morgenrot einer richtigen Erkenntnis. Die Frucht der wissenschaftlichen Ballonfahrten und Drachenversuche wird weiter reifen zu der Überzeugung, daß auch das ‚adiabatische' Gleichgewicht noch der Ausdruck einer vertikal von oben kommenden Wärmeleitung ist.

Des Rätsels Lösung aber haben wir erst zum kleinern Teile, die Wärmeleitung der Luft zum Boden genügt bei weitem nicht, die ganze Quantität der der Atmosphäre fortlaufend zugeführten Energie ihr fortlaufend zu entführen.«

Luftdruck.

Der hohe Luftdruck über Sibirien.[1]) Aus den in den Annalen des physikalischen Zentralobservatoriums publizierten Beobachtungen der sibirischen, zentralasiatischen und zum Teile westeuropäischen Stationen sucht L. G. Danilow an Hand der synoptischen Karten über Entstehung und Entwicklungsgang der sibirischen winterlichen Antizyklone, sowie über die Bedingungen, die an ihr Störungen hervorrufen, Aufschluß zu gewinnen. Die Ergebnisse faßt er so zusammen: a) Die Fälle, wo auf der ganzen Erstreckung des asiatischen Kontinents der Luftdruck nicht über 760 *mm* steigt, sind sehr selten und dürften bei der Vermehrung der Zahl der Stationen noch seltener werden, ja ganz verschwinden. b) Im Gegensatze zu den Forderungen der thermischen Theorie stellten sich sowohl die herbstliche Verstärkung der Antizyklone, als auch ihre Vorlagerungen und die Entstehung lokaler Hochdruckgebiete als ganz unabhängig von den vorangehenden Temperaturerniedrigungen heraus; letztere sind vielmehr eine Folge der thermodynamischen Vorgänge der adiabatischen Kompression und Dilatation der Luftmassen, die die Antizyklone als mechanisches System charakterisieren. c) Die sibirische Antizyklone ist nicht stationär im Sinne einer Fixierung der geographischen Lage ihres Zentrums, ist aber sozusagen zeitlich stationär, indem ihr die Eigenschaft einer dynamischen Stetigkeit des Vorganges zukommt, was sich unter anderm daraus ergibt, daß die sie bildenden lokalen Maxima, von seltenen Ausnahmen abgesehen, nicht verschwinden, sondern auf die eine oder andere Art umgeformt werden. d) Alle Verlagerungen der sibirischen Antizyklone stehen im innigsten Zusammenhange mit den vorangehenden Veränderungen der zyklonischen Tätigkeit, wobei eine Verstärkung der zyklonischen Tätigkeit im S eine nördliche Verschiebung der Antizyklone, die Verstärkung im N eine südliche und jedenfalls eine Steigerung des Luftdruckes in ihrem Zentrum bewirkt.

Da nun dieselben Eigenschaften auch einem konstanten Maximum zukommen, dessen dynamische Entstehung außer jedem Zweifel ist, hält es Danilow für möglich, besondere Entstehungsbedingungen für

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 577.

die Halbjahrsmaxima anzunehmen, und hält die sibirische Antizyklone für einen Teil des subtropischen Hochdruckringes, der durch die Bedingungen der Zirkulation über den Kontinentalmassen modifiziert erscheint.

Wolken.

Morphologie der Wolken des aufsteigenden Luftstromes.[1]) K. Mack ist schon früher durch die Untersuchung gewisser Wolkengebilde von überraschend regelmäßiger Form zu dem Schlusse geführt worden, es sei mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß durch atmosphärische Vorgänge horizontale Wirbelringe im großen sich bilden können. Seinen damaligen Untersuchungen lag die Voraussetzung zugrunde, daß dieselben Strömungsgebilde, welche wir im kleinen bei Laboratoriumsversuchen an Flüssigkeiten und Gasen unter gewissen Bedingungen wahrnehmen, auch in der Atmosphäre im großen unter ähnlichen Verhältnissen zustande kommen. Diese Voraussetzung hat seitdem durch Beobachtungen an vulkanischen Rauchwolken eine weitere Stütze gefunden. Da bei solchen Strömungsgebilden den Wirbelbewegungen um horizontale Achsen eine wichtige Rolle zukommt, und da anderseits in Wolkengebilden die von ihm in deren Innern vorausgesetzten Wirbelringe nicht direkt sichtbar waren, so hat er sich in den letzten Jahren bemüht, durch systematisch angestellte Wolkenbeobachtungen womöglich das Vorkommen von Wirbelringen im großen bei Wolkenbildungen direkt festzustellen. Zugleich war seine Absicht, weiteres Beobachtungsmaterial auf dem Gebiete derjenigen Wolkenformen zu sammeln, die mit jenen uns experimental bekannten Strömungsgebilden Ähnlichkeit haben.

Wenn in einer Flüssigkeit oder in einem Gase unter geeigneten Umständen Wirbelringe sich bilden, so müssen für deren Sichtbarkeit besondere Bedingungen erfüllt sein. Diese können durch die Färbung ausströmender Flüssigkeit oder durch die Beimengung von Rauch oder kondensiertem Wasserdampf zu strömender Luft gegeben sein. Aber auch dann sind die Wirbelringe nur in speziellen Fällen als solche sichtbar; in zahlreichen andern Fällen sind sie verhüllt durch anders geformte charakteristische Gebilde, deren Gestalt in gesetzmäßiger Weise durch die Wirbelringe bedingt ist. Es kommen hier hauptsächlich pilzförmige und zylindrische Gebilde in Betracht, zu denen noch Kuppen- und Hornbildungen treten können. Aus dem Auftreten solcher Gebilde ist es möglich, einen Rückschluß auf das Vorhandensein oder Vorhandengewesensein der Wirbelringe zu ziehen.

Die Wolken des aufsteigenden Luftstromes sind diejenigen, welche unter günstigen Umständen die Formen jener Strömungsgebilde zeigen werden. Nach vorstehenden Darlegungen kann man unterscheiden: a) ringförmige Wolken, b) pilzförmige Wolken, c) zylinder- oder turm-

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1908. p. 289.

förmige Wolken, d) Wolken mit kuppen- oder hornförmigen Bildungen. Als 5. Gruppe mögen noch beigefügt werden: e) kalottenförmige Wolkenschleier.

Diese 5 Gruppen behandelt Verf. in der Weise, daß aus dem vorliegenden Beobachtungsmateriale charakteristische Beispiele für die einzelnen Gruppen gegeben werden, und die Entstehung der betreffenden Wolken mit bekannten Laboratoriumsversuchen in Parallele gesetzt wird.

Auf die Einzelheiten der Ausführungen des Verf. kann hier nicht eingegangen werden, es genügt, die folgende von ihm gegebene Zusammenfassung der Resultate anzuführen: »Daß zuweilen Wolkengebilde vorkommen, die lebhaft an Strömungsfiguren erinnern, die durch Auftrieb in sonst ruhenden Flüssigkeiten und Gasen gebildet werden, ist eine längst bekannte Tatsache; man begnügte sich jedoch damit, solche Wolkengebilde als vereinzelte Merkwürdigkeiten zu registrieren, ohne aus der in solchen Einzelfällen zutage tretenden Analogie allgemeinere Analogieschlüsse zu ziehen. Wenn man bis jetzt Bedenken trug, die Bewegungsvorgänge bei der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes — regelmäßig wie unregelmäßig geformter — durchgehends in Parallele zu setzen mit jenen experimentell studierten Vorgängen in Flüssigkeiten und Gasen, so lag dies wohl in erster Linie daran, daß das Beobachtungsmaterial an charakteristisch geformten Wolken noch nicht ausreichend erschien, um Schlüsse allgemeiner Natur darauf zu gründen. Die hier vorhandenen Lücken suchte ich auszufüllen durch die in den letzten Jahren von mir angestellten Wolkenbeobachtungen; ich glaube, daß das ursprünglich von andern Beobachtern zusammengetragene, von mir ergänzte Material nunmehr dazu berechtigt, den Satz als erwiesen anzusehen, daß die atmosphärischen Bewegungsvorgänge, welche zu der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes führen, derselben Art sind, wie die bei jenen Laboratoriumsversuchen auftretenden. Hieraus ergibt sich das weitere Resultat, daß Wirbelbewegungen um horizontale Achsen bei der Bildung der Wolken des aufsteigenden Luftstromes und überhaupt bei aufsteigenden Luftströmen eine wesentliche Rolle spielen, welche nicht außer acht gelassen werden darf.

Unter diesen Umständen erwächst die Verpflichtung, die Verhältnisse, die bei solchen im großen vor sich gehenden Wirbelbewegungen um horizontale Achsen vorliegen, genauer zu untersuchen. Daß durch die kreisende Bewegung in solchen Wirbeln ein gestaltbildender Einfluß auf etwa vorhandene Hagelkörner ausgeübt wird, ist sehr wahrscheinlich; aber auch Wirkungen anderer Art sind nicht ausgeschlossen. Eine der nächsten Aufgaben ist wohl, eine genauere Vorstellung von den Geschwindigkeiten zu gewinnen, welche im aufsteigenden Luftstrome vorkommen, da von diesen die Geschwindigkeiten in den Wirbeln abhängen. Manche Umstände scheinen dafür zu sprechen, daß man es hier zuweilen mit recht erheblichen Geschwindigkeiten zu tun hat.«

Niederschläge und Verdunstung.

Die Periodizität der Niederschläge ist von William J. S. Lockyer untersucht worden[1]) unter Bezugnahme auf die Brücknersche Periode von 35 Jahren. Lockyer vergleicht die Regenaufzeichnungen auf den Britischen Inseln, in Brüssel, Madras, Bombay, Kapstadt und im Ohiotale, nach den Schwankungen, welche sie anzeigen, mit den Schwankungen der Sonnenflecke. Beide werden durch Kurven dargestellt und deren Verlauf untereinander verglichen. Ein allgemeiner Überblick dieser Kurven, sagt Lockyer, zeigt, daß ohne Zweifel eine langperiodische Variation an allen Stationen vorhanden ist; ferner daß die Maxima des Regenfalles im allgemeinen in den Jahren 1815, 1845 und 1878—1883 eintraten, die Minima in den Jahren 1825 bis 1830, 1860 und 1893—1895.

„Bei der Existenz dieser sehr deutlichen Schwankungen ist es wichtig, zu bemerken, daß das letzte Minimum oder die letzte trockene Periode, welche sehr deutlich ausgeprägt ist in den Kurven für den britischen Regenfall, soeben vorbei oder an dem Wendepunkte zu sein scheint, und daß in allen Fällen eine allgemeine Tendenz zum Aufsteigen der Kurve für die lange Periode vorhanden ist. Wenn diese Gesetzmäßigkeit weiterbesteht, ist es wahrscheinlich, daß das Ansteigen bis zum Jahre 1913 andauert, welches Jahr die Mitte der nächsten feuchten Epoche darstellen dürfte. Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Zunahme wegen der starken oszillatorischen Natur des Regenfalles von einem Jahre zum andern nur einem Mittelwert für mehrere Jahre darstellt; es können verhältnismäßig trockene Jahre auftreten, während die Kurve für die Säkularvariation ein Maximum zeigt, aber im allgemeinen Mittel werden sie wahrscheinlich naß sein.

Welche Ursachen diese lange Witterungsperiode hervorbringen, ist noch nicht ganz bekannt, doch ist es für die Meteorologie von größter Wichtigkeit, daß die Frage sobald als möglich aufgeklärt werde, denn sie bezieht sich nicht nur auf den Regenfall, sondern auch alle andern meteorologischen Elemente zeigen ähnliche Schwankungen.

Brückner suchte den Ursprung dieses langperiodischen Wetterzyklus in Änderungen auf der Sonne, und er untersuchte die damals vorliegenden Sonnenfleckendaten bezüglich einer Periodizität von ungefähr 35 Jahren. Seine Untersuchung war nicht erfolgreich, er schloß jedoch, daß trotzdem diese Variation in der Sonne tatsächlich vorhanden sein müsse, wenn sie auch nicht durch die Sonnenflecken zum Ausdrucke kommt. Vor kurzem hat eine eingehende Untersuchung der Sonnenfleckenbeobachtungen seit dem Jahre 1832, in welchem eine systematische Beobachtungsmethode begonnen wurde, zur Entdeckung einer solchen Periode geführt.[2]) Dort wurde gezeigt, daß jede

---

[1]) Nature 1903 7. Mai p. 8; Meteorol. Zeitschr. 1903. p. 423.

[2]) Vgl. dieses Jahrbuch 13. p. 5.

BUKOVINA

RUMÄNIEN

CSIK 15.

ORDA

UDVARHELY 56

KÜKÜLLŐ 36

HÁROMSZÉK 23.

FOGARAS 19

BRASSÓ 13

43°

44°

49°

48°

47°

46°

45°

44°



Sonnenfleckenperiode (von Minimum zu Minimum gerechnet) sich in vielen Punkten von der unmittelbar vorausgehenden oder nachfolgenden unterscheidet. In manchen Perioden waren nicht nur die Flecken zahlreicher als in andern, d. h. die Summation der ganzen von Flecken bedeckten Fläche von einem Minimum zum folgenden änderte sich regelmäßig, aber mit diesen partikulären Perioden war ein verhältnismäßig rasches Ansteigen vom Minimum zum Maximum eng verbunden. Diese Änderungen endlich schienen einer regelmäßigen Variation zu unterliegen, deren Zyklus zu ungefähr 35 Jahren ermittelt wurde.

Der Zusammenhang zwischen der Brücknerschen Periode und dieser langen Periode von Sonnenänderungen in 35 Jahren wurde dort in Kürze festgestellt und gezeigt, daß zu jenen 2 Epochen der Sonnenfleckenminima, 1843 und 1878, welche den Zyklen mit der größten Fleckenfläche folgen, der Brücknersche Zyklus für Regenfall ein Maximum hatte.

Die nahe Übereinstimmung der Epochen dieser beiden Zyklen läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß sie in ursächlichem Zusammenhange stehen, was Brückner selbst vermutet und gesucht, aber nicht gefunden hat.«

Luftbewegung, Winde und Stürme.

Untersuchungen über die allgemeine Bewegung in der Erdatmosphäre auf Grund der Cirrusbeobachtungen hat H. Hildebrandsson angestellt.

Die an der Erdoberfläche auftretenden allgemeinen Windverhältnisse sind im großen und ganzen genügend bekannt, allein die obern Luftströme sind es umso weniger. Bezüglich dieser hat man mehr oder weniger plausible Hypothesen aufgestellt, die sich auf die folgenden Grundtatsachen stützen:

1. Die Lufttemperatur, welche durch die Wärme der Sonne bedingt wird, nimmt vom Äquator gegen die beiden Pole hin ab, daher muß in der Höhe der Atmosphäre ein ununterbrochener Wind vom Äquator her stattfinden, an der Erdoberfläche aber umgekehrt ein Wind von den Polen gegen den Äquator hin. 2. Welches immer die Richtung einer Luftströmung, also eines Windes an der Erdoberfläche sein mag, so wird dieselbe durch die Achsendrehung der Erde auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt.

Der erste Grundsatz wurde von Halley 1686 in die Meteorologie eingeführt, um den Ursprung der Passatwinde zu erklären; der zweite von Hadley 1735 zur Erklärung des Umstandes, daß die Passatwinde aus NO und auf der südlichen Erdhälfte aus SO wehen, statt, wie es nach Halleys Theorie sein sollte, aus N und S.

Nach Dove erhebt sich die in der äquatorialen Zone stark erwärmte Luft in Masse bis zu den hohen Regionen der Atmosphäre, und dieses Emporsteigen veranlaßt unten ein Zuströmen der Luft beiderseits gegen den Wärmeäquator hin. Daher fließen die Passatwinde am Boden, indem sie den Gegenden des Wärmeäquators zuströmen. Die solcher Art nach dem Äquator transportierte Luftmenge wird polwärts durch die Antipassate wieder zurückgeführt, die sich von den Tropen polwärts hin mehr und mehr herabsenken, bis sie endlich den Erdboden erreichen. Dann strömt, nach Dove, ein Teil dieser Luft wieder gegen den Äquator hin, indem er die Passate speist, der andere Teil aber setzt seinen Lauf gegen die Pole hin

fort. Winde aus SW oder W herrschen in der nördlichen Erdhälfte auf den Meeren der gemäßigten Zone vor, in der südlichen dagegen Winde aus NW und W, und beide Luftströme sind als Fortsetzungen der zum Boden herabgestiegenen Antipassatwinde zu betrachten. Dieser äquatoriale Luftstrom wird von seinem Ursprunge über den tropischen Meeren her durch hohe Temperatur, große Feuchtigkeit und niedrigen Luftdruck charakterisiert. Während er gegen die Polarregionen vordringt, fließt ein polarer Luftstrom in entgegengesetzter Richtung nach den Tropen zu, und dieser ist kalt, trocken und bringt hohen Luftdruck. Die Witterungsänderungen der gemäßigten Zone sind eine Folge des steten Kampfes zwischen dem Polar- und Äquatorialstrome der Luft. Solcherweise gibt es nach Dove auf jeder Erdhemisphäre eine doppelte atmosphärische Zirkulation. Die eine regelmäßig und vertikal gerichtet, vollzieht sich zwischen dem thermischen Äquator und den Wendekreisen, die andere vom Pole bis zu dem nächsten Wendekreise ist horizontal und unregelmäßiger. Gewöhnlich ist dieser ganze Raum in breite, schräg gerichtete Streifen zerlegt, innerhalb deren die Luft in entgegengesetzten Richtungen dahinströmt, wobei die einzelnen Ströme einander zu verdrängen suchen, und bald der eine, bald der andere vorherrscht.

Der berühmte Hydrograph Maury stellte seinerseits als allgemeine aus den Beobachtungen abgeleitete Tatsachen folgendes auf:

1. Eine Kalmenzone in der Gegend des Äquators. 2. Passatwinde, die aus nördlichen und südlichen Gegenden gegen den Äquator hinströmen. 3. Zonen veränderlicher Winde etwa unter dem 30. Grade nördlicher und südlicher Breite. 4. Antipassate oder Äquatorialwinde, die über den Zonen der Veränderlichen herabsteigen und ihren Weg an der Erdoberfläche bis 60 oder 70° nördlicher, resp. südlicher Breite fortsetzen. 5. Näher gegen die Pole hin sind infolge der Annäherung der Meridiane aneinander diese äquatorialen Winde gezwungen emporzusteigen. 6. Sie kehren als oberer Polarstrom ihre Bewegungsrichtung um, steigen in den tropischen Kalmenzonen wieder gegen die Erdoberfläche herab und unterstützen die Passatwinde.

Hiernach oszilliert jede Luftmenge unaufhörlich von einem zum andern Pole: vom nördlichen Pole ausgehend wird sie nacheinander oberer Polarstrom, NO-Passat, nordwestlicher Antipassat auf der südlichen Erdhälfte und Äquatorialstrom.

In der Nähe des südlichen Erdpoles steigt die Luft von neuem auf, um als oberer Polarstrom zurückzukehren, als SO-Passat, Antipassat aus SW und Äquatorialstrom.

Die beiden obern Luftströme, der Polarstrom und der Antipassat, begegnen sich über den Kalmengürteln unter den Parallelkreisen von etwa 30°. Dort rufen sie eine Luftanhäufung und höhern Barometerstand hervor, dann aber — sonderbarerweise! — kreuzen beide Ströme herabsteigend einander, ohne sich miteinander zu vermischen, und setzen hierauf ihren Weg fort, der eine indem er die Passate, der andere indem er den Äquatorialstrom nährt. Ebenso steigen die beiden Passate über den Gegenden des Wärmeäquators empor, weil sie mehr und mehr warm und feucht geworden, und durchkreuzen einander wiederum, ohne ihre Luftmassen zu vermischen. Der SO-Passat setzt z. B. seinen Weg in der hohen Region der Atmosphäre fort und tritt als Antipassat auf die nördliche Hemisphäre der Erde.

Die im vorstehenden kurz mitgeteilten Theorien von Dove und Maury haben gegenwärtig unter den Meteorologen wohl kaum noch Anhänger. Es genügt zu ihrer Charakterisierung darauf hinzuweisen, daß es durchaus den Grundgesetzen der mechanischen Wärmetheorie entgegen ist, anzunehmen, der äquatoreale Luftstrom könne die Wärme und Feuchtigkeit, welche er ursprünglich über den tropischen Meeren besitzt, behalten, nachdem er in die Höhe emporgestiegen; vielmehr muß er infolge dieses Aufsteigens erkalten und den größten Teil seiner Feuchtigkeit einbüßen. Diese Folge-

rungen aus der Theorie werden übrigens durch direkte Beobachtungen durchaus bestätigt. Hier nur ein Beispiel. Während Angström und Edelstan sich auf der Insel Tenerife aufhielten, um die Stärke der Sonnenstrahlung in verschiedenen Höhen zu bestimmen, haben sie gleichzeitige meteorologische Beobachtungen in diesen Höhen angestellt. So fand sich z. B. am 27. Juli 9 Uhr vormittags zu Sitio de Cullen, nahe dem Meeresstrande und auf dem Gipfel des Pico de Teyde in 3692 *m* Höhe folgendes:

Barometer	unten	762.2 *mm*,	oben	491.6 *mm*
trockenes Thermometer . . .	„	+23.3°	„	+4.7°
nasses „ . . .	„	+19.7	„	−3.5
absolute Feuchtigkeit	„	14.5	„	1.9
relative „	„	68 %	„	30 %
Gramm Wasser pro Kubikmeter	„	14.2	„	2.0

Demnach nahm also die Temperatur für je 100 *m* Höhenzunahme durchschnittlich um 0.51° ab, und die Feuchtigkeit war oben sehr gering. Wenn die Luft von dem Gipfel des Pico bis zur Meeresoberfläche herabgesunken wäre, so würde sie sich außerordentlich erwärmt haben und gleichzeitig überaus trocken geworden sein, ein wahrer Föhnwind! Was weiter die Mauryscheche Theorie anbelangt, so ist es unverständlich, wie die beiden entgegengesetzten Luftströme einander durchkreuzen könnten, ohne sich zu vermischen.

Außer den obigen sind noch von Ferrel und James Thomson Theorien der allgemeinen Luftzirkulation aufgestellt worden. Ferrel hat drei verschiedene Hypothesen veröffentlicht, und zwar in den Jahren 1856, 1860 und 1884, während Thomson schon 1857 eine Theorie aufgestellt hat, die fast übereinstimmend mit der letzten von Ferrel ist.

Das Ergebnis, zu welchem 1856 Ferrel hauptsächlich auf dem Wege mathematischer Betrachtungen gelangte, ist kurz folgendes. Er nahm 2 Gürtel hohen Luftdruckes rings um die Erde 28° nördlich und südlich vom Äquator und zwei andere, sekundäre unter den Polarkreisen an; dagegen unter dem Äquator ein Gebiet mit niedrigerm und um die beiden Pole zwei andere Gebiete mit noch niedrigerm Drucke. So erschien die Erdoberfläche in 6 Zonen geteilt, jede mit einer ihr eigentümlichen vertikalen Zirkulation der Luft. Nordwärts vom Äquator steigt die vom Passate dorthin transportierte Luft empor und fließt als Antipassat oben bis zu 28° nördl. Br. zurück, sinkt herab und macht den Kreislauf von neuem durch. Nordwärts von der Zone hohen Luftdruckes unter 28° nördl. Br. muß sich die Luft nach NO bewegen, und dadurch entstehen die vorherrschenden SW-Winde unserer gemäßigten Zone. Etwas südlich vom Nordpolarkreise findet sich ein barometrisches Minimum, dort steigt die Luft empor und kehrt als oberer nördlicher Luftstrom zu dem tropischen Gebiete zurück, wo er herabsteigt, und die nämliche Zirkulation wiederum beginnt. Nördlich vom arktischen Polarkreise nimmt Ferrel abermals eine Luftzirkulation an, wobei die Luft gegen den Pol ab- und gegen den Polarkreis hin wieder emporsteigt, um als oberer Luftstrom von neuem gegen den Pol hinzufließen. In ähnlicher Weise würden sich die Luftbewegungen auf der südlichen Erdhälfte vollziehen.

James Thomson setzte 1857 seine Theorie der atmosphärischen Zirkulation vor der Britischen Gesellschaft der Wissenschaften auseinander. Er nimmt über jeder Erdhemisphäre zwei übereinander befindliche Hauptluftströmungen an. Die Luft, welche in den äquatorialen Regionen emporsteigt, fließt als oberer Luftstrom bis in die Gegend des Polarkreises und dann als unterer Polarstrom wieder gegen den Äquator hin. Da indessen die Beobachtungen zeigen, daß im allgemeinen an der Erdoberfläche in den gemäßigten Zonen südwestliche Winde vorherrschen, nimmt Thomson an, daß diese Luftströme nur einer dünnen Schicht der Atmosphäre angehören und eine Art Reaktionsstrom zwischen der nördlichen Luftströmung und

der Erdoberfläche bilden. Diese sämtlichen übereinander gelagerten Luftströmungen erleiden eine Ablenkung gegen Ost und werden darnach südwestlich, nordwestlich und südwestlich. Augenscheinlich könnte man glauben, daß der Polarstrom seine Ablenkung in einen Nordostwind gemäß dem Hadleyschen Gesetze erhielte; allein Thomson nimmt an, daß er gegen O abgelenkt wird, infolge eines aus den äquatorialen Regionen mitgebrachten und noch nicht erschöpften Rotationsmomentes. Die spätern Vorstellungen von Ferrel, besonders dessen Entwicklungen aus dem Jahre 1889, weichen nur in unbedeutenden Details von derjenigen Thomsons ab, und diese Theorie wird noch von mehrern Meteorologen festgehalten. Indessen sind die obern Luftströmungen in den gemäßigten Zonen ganz und gar hypothetisch, und man hat nicht einmal versucht, ihr Vorhandensein durch direkte Beobachtungen zu erweisen.

Im vorhergehenden ist mit den Worten von Prof. H. Hildebrandsson [1]) der gegenwärtige Zustand der Vorstellungen, welche in der Meteorologie über die allgemeine Luftzirkulation herrschen, dargelegt worden. Er geht dann dazu über zu prüfen, was die Beobachtungen über die Luftbewegung in den hohen Regionen der Atmosphäre lehren. Diese Beobachtungen können sich naturgemäß nur auf die Feststellung des Zuges der höchsten Wolken, also der Cirruswolken, beziehen, und hierüber hat Prof. Hildebrandsson schon früher mehreres veröffentlicht.

Diese frühern Untersuchungen ergaben ihm folgendes: 1. In den hohen Regionen der Atmosphäre über den gemäßigten Zonen herrschen Luftströme vor, deren Bewegung durchschnittlich von West nach Ost gerichtet ist. 2. Zwischen den Wendekreisen ist die Bewegung dieser Ströme umgekehrt oder von Ost nach West gerichtet. 3. Die Richtung der obern Luftströmungen scheint im allgemeinen die nämliche zu sein, wie die mittlere Fortbewegungsrichtung der barometrischen Depressionen. 4. Die durchschnittliche Richtung der obern Luftströme steht in keiner direkten Beziehung zu den mittlern Luftdruckverhältnissen an der Erdoberfläche. Die mittlern Luftdruckverhältnisse in einer Höhe von 4000 *m*, wie sie Teisserence de Bort abgeleitet und gezeichnet hat, entsprechen dagegen gut jener obern Luftbewegung, jedoch nicht vollständig, da die Cirruswolken in Höhen von 7000—9000 *m* dahinziehen. Die betreffenden Karten von Teisserence sind reproduziert. Die den Isobaren beigeschriebenen Ziffern bezeichnen den Luftdruck in Millimetern. Die Pfeile zeigen die Richtungen, aus denen an den betreffenden Punkten die Cirruswolken ziehen.

Die Richtung O bis W der obern äquatorialen Luftströmung ist durch die Wolkenbeobachtungen erwiesen, daneben hatte indessen der Ausbruch des Krakatau 1883 dieselbe Tatsache erkennen lassen durch optische Erscheinungen, welche der vulkanische Staub in den höchsten Luftregionen verursachte, und die sich von O nach W in 12—13 Tagen um die ganze Erde zogen. Dies gibt für die Geschwindigkeit der obern Luftströmungen 87 *m* pro Sekunde, was mit den direkten Wolkenbeobachtungen in Washington sehr nahe übereinstimmt.

Prof. Hildebrandsson teilt nunmehr die Ergebnisse seiner Berechnung aller bekannt gewordenen Beobachtungen über die Bewegungen der höchsten Wolken mit.

a) Die Beobachtungen aus der heißen Zone ergeben sowohl für das Gebiet des Atlantischen wie des Großen Ozeans, daß die höchsten Luftschichten der Tropenzone sich fast ohne Ausnahme von Ost nach West bewegen, bisweilen zeigen sich geringe Schwankungen zwischen NO und SO; aber die Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, um das Gesetzmäßige dieser letztern erkennen zu lassen.

---

[1]) Rapport sur les Observations internationales des Nuages, au Comité internationales météorologique par Hildebrand Hildebrandsson I. Upsala 1903.

b) Die Zonen der Passatwinde. Es wird angenommen, daß der Antipassat auf der nördlichen Erdhälfte überall aus SW, auf der südlichen aus NW weht, und man hat, wie oben mitgeteilt, sogar behauptet, daß dieser Antipassat in den höhern Luftregionen bis zu den Polarkreisen vordringe. Im Atlantischen Ozeane gibt es innerhalb der Region der Passate keine Beobachtungsstation für die obern Luftströme, dagegen befindet sich im Gebiete des SO-Passates das ausgezeichnete Observatorium der Insel Mauritius. Die 20jährigen Beobachtungen von 1877—1897 ergaben, daß daselbst der Antipassat ungefähr aus NW weht, und wir dürfen demnach schließen, daß auf der nördlichen Erdhälfte mitten über dem Gebiete der Passate die obere Luftströmung aus SW kommt. Beobachtungen auf Tenerife ergaben als Richtung des Cirruszuges W 15° S, und 10 Jahre fortgesetzte Cirrusbeobachtungen zu San Fernando (36° 37′ nördl. Br.) westlich von der Gibraltarstraße, zeigen, daß der Antipassat dort noch mehr gegen rechts abgelenkt und fast zu einem reinen W-Winde geworden ist. Zu Lissabon schwankt der Zug der Cirruswolken zwischen W 34° S und W 10° N; es scheint wahrscheinlich, daß diese Station zu Zeiten unter den äußersten nördlichen Ausläufern des Antipassates, bald unter den Regionen der obern Winde der gemäßigten Zone steht. Die Passate, ebenso wie die hohen Luftdrucke der Wendekreise, durch welche sie verursacht werden, schwanken bekanntlich im Jahre auf und ab, indem sie der Sonne nach Norden und Süden folgen. Auf diese Weise wird ein breiter Streifen nördlich vom Wärmeäquator im Winter vom NO-Passat überweht, im Sommer dagegen in die tropische Kalmenzone aufgenommen. In der Höhe herrscht über diesen Streifen bald der südwestliche Antipassat, bald der östliche Luftstrom der Tropen. Dieser Streifen bildet eine Region oberer Monsune.

In Mexiko ist dieser letztere sehr deutlich entwickelt; in den Monaten November bis Mai strömt die Luft in den obern Regionen aus W 63° S bis W 32° S, in den Monaten Juni bis Oktober aus O 14° S bis O 63° S. Der Passat weht in Mazatlan (an der pazifischen Seite) während der kalten Jahreszeit aus NO, während des Sommers ist er dagegen nach rechts abgelenkt und schwankt zwischen ONO und O. In Havanna (23° 9′ nördl. Br.) ziehen die Cirruswolken im Winter und Frühlinge aus SW, im Sommer aus O; im Herbste ist der obere Wind NW.

Ostindien. Über der Region der Monsune und dem Arabischen Meerbusen ist das Regime der Winde sehr kompliziert. Indien wird von dem eigentlichen asiatischen Festlande durch Bergketten geschieden, deren Gipfel die mittlere Höhe der obern Wolken überragen. Südlich von diesen Hochgebirgen, im Gangesgebiete, sind die Monsune sehr abgelenkt; im Winter weht dort der Wind aus NW, statt aus NO, und im Sommer wird der NW-Monsun ein Wind aus S in den Gegenden nördlich vom Bengalischen Meerbusen, steigt als NO die Gangesmündung hinauf und weht zu Allahabad sogar aus NO. Diese Unregelmäßigkeiten zeigen sich selbst in den hohen Regionen der Atmosphäre. Indessen weht in diesen über dem zentralen Ostindien von Kurachee bis Cuttack fast das ganze Jahr südlich ein oberer Wind aus W, ebenso in Assam. Im Süden des bengalischen Meerbusens zwischen 0 und 10° südl. Br. ist der Zug der Cirruswolken in den Monaten November bis Februar aus S 31° O, dagegen zwischen 0 und 10° nördl. Br. S 39° W. Im Indischen Ozeane liegt also im Winter der Wärmeäquator mit seinem obern östlichen Luftstrome südlich vom geographischen Äquator, und dies ist die Ursache des NW-Monsuns in diesen Gegenden. Im Arabischen Meere finden sich östliche obere Luftströme im Frühlinge zwischen 4 und 16° nördl. Br.; sie verlegen sich im Sommer bis nördlich über den Wendekreis des Krebses und kehren im Herbste wieder gegen den Äquator zurück. Indessen scheint dieses Kommen und Gehen in verschiedenen Jahren verschieden zu sein, doch reichen die bis jetzt vorhandenen Beobachtungen nicht hin, die Erklärung im einzelnen zu studieren.

Die gemäßigten Zonen. Pater Marc Dechevrens hat im Jahre 1885 nachgewiesen, daß in der gemäßigten Zone die mittlere Richtung des obern Wolkenzuges das ganze Jahr hindurch eine westliche ist. Dies hat sich für die ganze gemäßigte Zone in Europa, Nordamerika und Asien bestätigt, und die Monsune Asiens, welche dort das Klima an der Erdoberfläche bestimmen, sind nur Luftbewegungen, welche kaum bis über 4000 *m* Höhe hinaufreichen. Aus der gemäßigten Zone der südlichen Erdhälften liegen nur wenige und unvollständige Beobachtungen vor, sie zeigen aber, daß die Bewegung der Cirruswolken dort auch aus W stattfindet. Sonach ist also zu schließen, daß über den beiden gemäßigten Zonen die größte Masse der Luft bis zur Höhe der Cirruswolken (8000—11 000 *m*) sich in einer Bewegung von W nach O befindet. Mit Ausnahme der tiefern Schichten, besonders in der Region der Monsune, bildet also auf jeder der beiden Erdhemisphären die Luftmasse einen ungeheuren Wirbel um ein den Polen nahes Zentrum. Und ferner, gleich wie in den gewöhnlichen barometrischen Depressionen, bewegen sich die untern Luftmassen gegen das Zentrum hin, während die obern sich davon entfernen. Diese letztere Ablenkung tritt um so mehr hervor, je mehr man sich der Cirrusregion nähert. Die Luftmassen über dieser endlich zeigen keine Wolken mehr. Indessen haben die von Teisserence de Bort emporgesandten kleinen Luftballons in einigen Fällen die Cirrusregion erheblich überschritten und ergaben, daß die Luftbewegung in diesen größten Höhen noch mehr rechts von der in der Cirrusregion herrschenden abgelenkt ist, der Wind dort also aus der westlichen mehr in die nordwestliche Richtung übergeht. Hildebrandsson faßt alles in den Satz zusammen:

In den Höhen der Atmosphäre bis zu den höchsten, welche bis jetzt erreicht wurden, ist die Luft in einer von W nach O gerichteten Bewegung begriffen, mit einer nördlichen Ablenkung oder Komponente, die mit der Höhe zunimmt.

Von den obern südlichen Luftströmungen, die in dem Systeme von Ferrel und Thomson eine so große Rolle spielen, wird also bis in Höhen von 15 und selbst 18 *km* keine Spur angetroffen, und die Luftmasse, die sich über diesen Höhen befindet, ist offenbar sehr unbedeutend. »Man muß daher«, sagt Prof. Hildebrandsson, »ein für allemal die Idee eines vertikalen Luftaustausches zwischen den Tropen und den Polen fahren lassen, einer Zirkulation, die übrigens auch praktisch unmöglich wäre, wenn man bedenkt, wie außerordentlich gering die Höhe dieser Luftschicht im Vergleiche zu den horizontalen Entfernungen ist. Hoffen wir, daß von nun an die »polaren« und »äquatorialen« Luftströme, welche schon so viele Konfusion in der dynamischen Meteorologie angerichtet haben, endlich vollständig aus dieser Wissenschaft verschwinden oder mindestens in dem Sinne, in welchem sie bis jetzt benutzt wurden.«

Die subtropische Zone. Bis jetzt hat man angenommen, daß der Antipassat sich über die Zone hohen Luftdruckes des Wendekreises fortsetzt, um als Äquatorialstrom gegen den Pol hin längs der Erdoberfläche zu fließen oder als oberer Strom. Indessen wurde jetzt konstatiert: 1. daß der Antipassat, sobald er über der Nordgrenze des Passates anlangt, also nahe dem Gipfel des hohen Luftdruckes des Wendekreises (Tenerife, San Fernando, Lissabon) schon so weit nach rechts abgelenkt ist, daß er zum Westwinde wurde; 2. daß die Luft über der gemäßigten Zone in einem gewaltigen Wirbel fortgerissen wird, dessen Zentrum sich in den Polargegenden befindet, wo der Luftdruck am niedrigsten ist, und welcher von W nach O rotiert, während dessen die Luft der untern Schichten sich diesem Zentrum nähert, die der obern dagegen wie bei einem gewöhnlichen Zyklone sich davon entfernt. Unter diesen Verhältnissen müssen wir erwarten, daß die obern Luftströme, die aus dem großen polaren Wirbel heraustreten, dem nördlichen Abfalle der Zone hohen Druckes unter dem Wendekreise zustreben, und diese Region also von 2 Seiten gespeist wird, nämlich südwärts

von dem Antipassat und nordwärts von der nordwestlichen Luftströmung. Das findet nun in der Tat statt, wie die Beobachtungen in Europa, in Indien und Nordamerika klar zeigen.

Prof. Hildebrandsson faßt schließlich das Ergebnis seiner wichtigen Untersuchung in folgenden Sätzen zusammen:

1. Über den Wärmeäquator und der äquatorialen Kalmenregion ist in der Höhe der Atmosphäre das ganze Jahr hindurch ein östlicher Luftstrom vorhanden, welcher in großen Höhen eine beträchtliche Geschwindigkeit zu besitzen scheint. 2. Über der Region der Passate herrscht ein Antipassat, der auf der nördlichen Hemisphäre aus SW, auf der südlichen aus NW kommt. 3. Dieser Antipassat überschreitet nordwärts nicht die Polargrenze des untern Passates und wird auf der nördlichen Erdhälfte, je weiter er vordringt, mehr und mehr nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt, so daß er schließlich zum Westwinde wird über der Zone des hohen Barometerdruckes der Wendekreise, woselbst er herabsinkt und den Passat speist. 4. Die Regionen an der äquatorialen Grenze des Passates treten je nach der Jahreszeit bald in den Passat, bald in die äquatoriale Kalmenzone ein. Darüber in großer Höhe weht ein oberer Monsun, nämlich der Antipassat im Winter und der östliche Äquatorialstrom im Sommer. 5. Von der Zone hohen Druckes unter den Wendekreisen nimmt der Luftdruck durchschnittlich kontinuierlich gegen die Pole hin ab, mindestens bis jenseits der Polarkreise. Dabei ist die Luft der gemäßigten Zonen in einer allgemeinen Wirbelbewegung von W nach O begriffen. Diese Wirbelbewegung scheint von derselben Natur zu sein wie diejenige der gewöhnlichen Zyklone, indem die Luft in den untern Schichten sich dem Zentrum nähert, die der obern aber davon entfernt, und zwar zunehmend mit der Höhe über dem Boden bis zu den höchsten Regionen, über die uns noch Beobachtungen zur Verfügung stehen. 6. Die obern Luftschichten der gemäßigten Zonen breiten sich über die Regionen des hohen Luftdruckes der Wendekreise hin aus und sinken dort herab. 7. Die Unregelmäßigkeiten der Luftbewegung, welche man an der Erdoberfläche besonders in der asiatischen Monsunregion antrifft, verschwinden im allgemeinen schon in den Regionen der mittlern Wolken. 8. Die Ferrellsche und Thomsonsche Hypothese der vertikalen Zirkulation der Luft zwischen den Wendekreisen und den Polen muß völlig aufgegeben werden.

Prof. Hildebrandsson geht nicht auf die Ursache der von ihm nachgewiesenen Luftzirkulation in der Atmosphäre ein, doch hebt er hervor, daß Prof. Dunér durch seine spektroskopischen Untersuchungen[1]) eine ganz ähnliche Zirkulation in der Sonnenatmosphäre nachgewiesen hat, nur sind dort die Luftströme die entgegengesetzten. Dunér hat bewiesen, daß die Rotationsgeschwindigkeiten unter den verschiedenen Parallelkreisen auf der Sonne verschieden sind, die Geschwindigkeit ist am größten unter dem Äquator und nimmt gegen die Pole hin ab. Dies beweist, daß dort unter dem Sonnenäquator eine von W nach O gerichtete Strömung vorhanden ist und polare Wirbel, die sich von O nach W drehen.

Schließlich bemerkt Prof. Hildebrandsson, daß die Richtung, in der sich die obern Luftströme in der Erdatmosphäre bewegen, nahezu mit der der durchschnittlichen Bewegungsrichtung der barometrischen Depressionen zusammenfällt. Daher sei es wahrscheinlich, daß diese letztern oder wenigstens ein großer Teil derselben als Satelliten der großen atmosphärischen Strömungen entstehen. Zu diesem Zwecke würde es genügen, daß ein Teil irgend einer Strömung eine größere Geschwindigkeit besitzt als die vor ihm befindlichen Massen, um den Überschuß an Energie dieses Teiles in drehende Bewegung zu verwandeln, gerade so, als wenn dieser Teil auf eine Wand gestoßen wäre. Übrigens habe man schon beobachtet, daß die Geschwindig-

[1]) Acta Soc. Reg. Sc. Upsala 1891.

keit der obern Luftströme oft größer auf der Rückseite als auf der Vorderseite einer Depression sei. Auf diese wichtigen Fragen gedenkt Prof. Hildebrandsson später zurückzukommen.

Über die Bewegungen der Zyklone und Antizyklone machte John Aitken einige Bemerkungen.[1]) Er weist darauf hin, wie die täglichen Wetterkarten zeigen, daß wenn eine Depression aufgetreten ist, die von Winden umweht wird, welche ungleich heftig sind, sie sich nach der Richtung fortbewegt, in welcher die heftigste Luftströmung liegt. Mit andern Worten heißt dies: die Bewegung des Zentrums der Zyklone erfolgt parallel den Isobaren, die an der Seite des stärksten Gradienten liegen. Die Bewegung ist ferner um so rascher, je größer der Unterschied in den Gradienten an den beiden entgegengesetzten Seiten der Zyklone ist, während bei nahezu gleicher Windstärke die Zyklone stationär bleibt. Diese Schlußfolgerungen von Aitken sind übrigens in solcher Allgemeinheit nicht zutreffend, wie jeder weiß, der die täglichen synoptischen Wetterkarten auch nur eines einzigen Jahres durchstudiert. Auch beschränkt Aitken schließlich seine Behauptung auf die Zyklone mit kreisförmigen Isobaren, meint aber die Zyklone mit elliptischem Querschnitte, welches die meisten sind, verlängern sich diese nach der Richtung der stärksten Winde. Die Frage, weshalb die meisten über Europa hinwegziehenden Zyklone sich in nordöstlicher oder östlicher Richtung bewegen und rascher in dieser statt in anderer, beantwortet er durch den Hinweis auf eine besondere Disposition der Lage der Antizyklone. Die beiden barometrischen Hochdruckgebiete, welche die Bewegung der über Nordwesteuropa ziehenden Zyklone regeln, liegen das eine südwestlich von Spanien, das andere über Nordasien. Das eine wirkt daher durch die Luftströme seiner nördlichen Seite, das andere durch diejenigen seiner südlichen. Im ersten Falle sind es also Winde, die ursprünglich aus niedrigen Breiten kommen und daher eine größere östliche Bewegung besitzen, als derjenigen entspricht, welche der Gegend angehört, über der sie herabkommen, außerdem partizipieren sie an der in der Höhe herrschenden Luftbewegung vom Äquator gegen die Pole. Im südlichen Teile einer Antizyklone sind diese Verhältnisse ganz andere; daher wirkt die südwestlich liegende Antizyklone durch ihre intensivsten Luftströme auf die Bewegung der Zyklone, die nordöstlich liegende durch ihre schwächsten. Der Einfluß der erstern muß also überwiegen, und die barometrischen Minima, welche zwischen beiden passieren, werden daher die von der ersten ihnen aufgedrückte Bewegungsrichtung einschlagen, vorausgesetzt, daß die Winde, welche sie bedingen, aus W und SO kommen. Außerdem ist die nördliche Antizyklone im allgemeinen weniger bedeutend und fehlt bisweilen ganz.

---

[1]) Transact. Royal Soc. of Edinburgh 40. part. I Nr. 7.

Die Luftströmungen auf dem Gipfel des Säntis und ihre jährliche Periode sind von Prof. Hann untersucht worden.[1]) Der Säntisgipfel (2504 *m* über dem Meere) ist die einzige meteorologische Gipfelstation 1. Ordnung, von welcher eine längere Reihe von anemometrischen Aufzeichnungen publiziert und teilweise bearbeitet vorliegt. Der Verf. hat deshalb diese wertvolle Beobachtungsreihe zu einer Untersuchung benutzt nach der Richtung, inwieweit sich aus derselben einige Resultate betreffend die Zirkulation der Atmosphäre ableiten lassen möchten. Es wurden zu diesem Zwecke zunächst aus den für 16 Windrichtungen publizierten Windwegen die Größe der 4 Komponenten für die 12 Monate berechnet, und zwar für jedes der 3 Lustren 1886—1890, 1891—1895 und 1896—1900 besonders, um die Tragweite der Mittelwerte für die gesamten 15 Jahrgänge beurteilen zu können. Es zeigte sich dabei, daß die Übereinstimmung der jährlichen Periode der Komponenten in jedem der 3 Lustren eine sehr große ist, und deshalb folgende allgemeine Resultate feststehen.

Die Nordkomponente erreicht ihren größten Wert im Januar und Februar und den kleinsten im Juli und August. Sie bleibt in den 6 Monaten Juni bis November unter dem Jahresmittel, von Dezember bis Mai hält sie sich über demselben, im April ist die Abweichung nahezu Null. Die Ostkomponente hat fast dieselbe jährliche Periode wie die Nordkomponente, das Maximum im Winter ist aber viel stärker ausgeprägt, ebenso das Minimum vom Juni bis zum September. Der Gegensatz zwischen Winter- und Sommerhalbjahr tritt entschieden hervor (April bis September bleibt unter dem Mittel).

Die Südkomponente hat einen noch stärker hervortretenden jährlichen Gang, sie bleibt unter dem Jahresmittel von März bis August und hält sich über demselben von September bis Februar. Maximum Oktober und November, Minimum Juni.

Bei der Westkomponente ist die jährliche Periode weniger regelmäßig, aber ganz entschieden treten auf: ein sehr großes Maximum im Juli und August und ein ebenso großes Minimum im April und besonders im Mai.

Der Verfasser sucht auch die Beziehungen aufzudecken zwischen dieser jährlichen Variation der Windkomponenten und der Luftdruckverteilung im Meeresniveau, die im allgemeinen ziemlich gut zu erkennen sind, so daß also im Niveau von $2^1/_2$ *km* die Druckverteilung nicht viel abweichen kann von jener am Meeresniveau.

Von den zwei zusammengesetzten Komponenten S—N und W—O erreicht erstere ihren kleinsten Wert im Mai und ihren größten im Oktober, letztere hat ebenfalls ihr Minimum im Mai, ihr Maximum aber im Juli und August.

---

[1]) Kaiserl. Akad. d. Wissenschaften in Wien, Sitzung v. 2. April 1903 10. p. 87.

Die Hauptresultierende ist W 29° S und variiert nur wenig im Jahre. Sie ist am südlichsten im Oktober und November (W 41° S) und am meisten rein westlich im Juni und Juli (W 20° S).

Aus den Abweichungen der Monatswerte der Komponenten vom Jahresmittel werden dann gleichfalls die resultierenden Windrichtungen berechnet, welche den Einfluß der Jahreszeiten auf die Ablenkung der Windrichtungen vom Jahresmittel rein zum Ausdrucke bringen, also die Winde der Jahreszeiten darstellen, nach Eliminierung des mittlern Druckgefälles. Dabei ergibt sich, daß im Winter die mittlere Windrichtung nordöstlich wird, im Sommer ziemlich rein westlich, im Herbste (September bis Oktober) südlich bis südöstlich. Die Jahreszeit allein würde vom Dezember bis zum Mai inklusive O- und NO-Winde hervorrufen, während im Sommer fast rein westliche Winde, im September SW-Winde und im Oktober und November Südwinde mit leichter Ablenkung nach O wehen würden.

Es wird ferner gezeigt, daß es sich in Wien ganz ähnlich verhält, den Winter ausgenommen, der hier SW-Winde hat (oben NO), sonst ist die Übereinstimmung auffallend groß.

Der Verfasser weist dann nach, daß die monatlichen Abweichungen der Druckverteilung über Europa vom Jahresmittel mit diesen »Winden der Jahreszeiten« in guter Übereinstimmung sich befinden, wenn auch im einzelnen wenigstens scheinbare Abweichungen vorkommen.

Elektrische Lufterscheinungen.

Die Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre ist von Prof. Dr. P. Czermak seit Dezember 1901 in Innsbruck systematisch studiert worden. Er stellt nun die Ergebnisse von etwa 1800 Einzelbeobachtungen zusammen, begleitet von vielen Diagrammen, welche den Verlauf der Elektrizitätszerstreuung in der täglichen und in der jährlichen Periode und bei verschiedenen Witterungsverhältnissen zur Anschauung bringen. Die wichtigsten Ergebnisse sind: 1. Die Elektrizitätszerstreuung besitzt einen deutlichen jährlichen Gang, im Winter treten die kleinsten, im Sommer die größten Werte auf. 2. Desgleichen ist ein deutlicher täglicher Gang ausgesprochen mit einem auffälligen Minimum zwischen 11 und 12 Uhr mittags und einem Maximum am Nachmittage zwischen 3—5 Uhr. 3. Kurven, die vielleicht als normal betrachtet werden dürfen, scheinen für eine doppelte tägliche Periode der Elektrizitätszerstreuung zu sprechen, mit einem 2. Minimum in der Nacht und einem 2. Maximum um 8 Uhr morgens herum. 4. Bei Föhn tritt eine starke Zunahme der Zerstreuung ein, am deutlichsten in den Wintermonaten; die größten Werte der Zerstreuung treten aber an Tagen mit starker Kumulus- und Gewitterbildung auf, also bei lebhafter aufsteigender Luftbewegung. 5. Korrespondierende Beobachtungen auf dem Patscher Kofel und zu Innsbruck ergeben die schon bekannte Zunahme der

Elektrizitätszerstreuung in der Höhe mit starkem Überwiegen der Zerstreuung negativer Elektrizität und eine Verspätung der täglichen Extreme. Der Verf. ist geneigt, der aufsteigenden Luftbewegung eine große Rolle zuzuschreiben bei den Änderungen der Elektrizitätszerstreuung und weist dabei hin auf die von Elster und Geitel, sowie von Ebert nachgewiesene starke Ionisierung der Bodenluft. Im Winter, wenn der Boden kälter als die Luft und mit Schnee bedeckt ist, kann die Wirkung der Bodenluft nicht zur Geltung kommen.

Untersuchungen über die Schadenblitze in Ungarn hat L. von Szalay angestellt[1]) als Fortsetzung seiner vor 2 Jahren veröffentlichten Blitzstatistik Ungarns in den Jahren 1890—1900. Im ganzen stand ihm jetzt eine Reihe von 29 Jahren zur Verfügung, doch beschränken sich seine Untersuchungen zum Teil auf die Jahre 1897—1901. Die Gesamtzahl der zündenden Blitzschläge während der Jahre 1873—1901 beträgt für Ungarn 6790, in den Jahren 1896—1900 beträgt sie 1607, im Jahre 1901 allein 996, darunter 197 Fälle mit tödlichem Ausgange. Verf. faßt seine Ergebnisse in folgendes Schlußresultat zusammen:

A. Tödliche Blitze. 1. In den Jahren 1897—1901 hatte der Blitz 798 Menschen getötet; dies entspricht einem jährlichen Mittel von 159.6 Fällen. 2. Die im Jahre 1901 vorgekommenen tödlichen Blitzschläge zeigen — im Verhältnis zu den frühern Jahren — ein Ansteigen der Fälle, indem deren Zahl zwischen 147—158 variierte, hingegen im Berichtjahre sich auf 197 erhöhte. 3. Die Einwohnerzahl in Ungarn betrug nach der Volkszählung vom Jahre 1901 16 721 574 Seelen, daher entfallen auf 1 Million Einwohner 9.57 tödliche Fälle. 4. Durch Blitz wurden im Jahre 1901 127 Männer, 11 Knaben, 46 Frauen und 13 Mädchen getötet. 5. Die größte Zahl lieferten hierzu die mit Landwirtschaft sich beschäftigenden Leute. Es waren unter diesen 10 Landwirte, 48 Landmänner, 28 Feldarbeiter, 9 Knechte, 7 Schäfer, 4 Hirten, 8 Ochsenhirten, 1 Schweinehirte, 1 Roßhirte, 1 Kutscher, 1 Gärtner; außerdem waren 29 Landmannsfrauen, 15 Feldarbeiterinnen und 2 Schäferinnen; insgesamt 159 Personen. Von einem andern Berufe Angehörenden wurden 2 Kaufleute, 1 Zimmermann, 5 Grubenarbeiter, 2 Töpfer, 2 Glöckner, 1 Straßenräumer und ein Bettler, also zusammen 14 Erwachsene, ferner 3 Schulknaben, 1 Schulmädchen, 8 kleinere Knaben und 12 kleinere Mädchen vom Blitze getötet. Die gesamte Zahl der männlichen Opfer betrug 138, die der Frauen 59. 6. Die Opfer wurden unter folgenden Umständen vom Blitze ereilt: 106 im Freien, 43 unter Dach, 28 unter Bäumen, 4 unter Tristen, Schobern und unter Fruchtgarben, 2 unter getrockneten Maisstengeln, 2 in Türmen während des Läutens, 3 während der Flucht auf offenem Felde, 2 an die

[1]) Jahrbuch der Königl. ungar. Reichsanstalt f. Meteorologie 1903. 31. Teil III.

Wand sich lehnend, 1 unter der Türschwelle, 2 im Bergwerke, 1 im Wagen während der Fahrt. 7. Der Anzahl nach kamen im Komitat Pest während der 5 Jahre die meisten (37) Fälle vor, hingegen nach der Dichtigkeit der Bewohner steht das Komitat Gömör und Szilágy am ersten Platze, denn im erstern entfällt auf 38 283, im letztern auf 38 327 Einwohner ein tödlicher Blitzschlag. Am glücklichsten ist das Komitat Esztergom, denn hier kam während der verflossenen 5 Jahre kein einziger Fall mit tödlichem Ausgange vor.

B. Sonstige Schadenblitze. 1. In dem Zeitraume der Jahre 1873—1901 kamen in Ungarn 6790 zündende Blitzschläge vor. 2. Aus dem 29 jährigen statistischen Resultate der zündenden Blitze ergibt sich ein Jahresmittel von 234 Fällen. 3. Im Jahre 1901 kamen in Ungarn 502 Brand und 494 sonstigen Schaden verursachende Blitze vor. 4. Der durch Blitz in beweglichem und unbeweglichem Gute, sowie im Viehstande verursachte Schaden beträgt 951 670 Kronen. 5. Die Blitzschläge waren nach Zahl im letzten Jahre am häufigsten im Komitate Bihar, wo insgesamt 45 Fälle vorkamen, darunter 28 solche, die Brandschaden verursachten. Die Komitate Lipto, Maros-Torda, Sáros und Udvarhely wurden von zündenden Blitzschlägen in diesem Jahre verschont. Die kleinste Anzahl der zündenden und sonstigen Schadenblitze haben die Komitate Csik, Moson und Turocz aufzuweisen. 6. Am häufigsten kamen die Blitzschläge im Monate Juli vor, und zwar mit 328 Fällen, welche bereits das Drittel der jährlichen gesamten Fälle betragen. Dagegen sind die Monate Januar, Februar, Oktober, November, Dezember von solchen frei geblieben. 7. Die meisten Fälle hat der 24. Juli aufzuweisen, denn an diesem Tage kamen insgesamt 30 Fälle vor. 8. Nach Stunden des Tages konzentrierten sich die meisten Fälle (247) auf die Nachmittagsstunden von 2—4 Uhr, die wenigsten (11) Fälle auf die Morgenstunden, ebenfalls zwischen 2—4 Uhr.

Eine Karte gibt die Verteilung der 1897—1901 vorgekommenen Blitzschläge auf die verschiedenen Komitate Ungarns nach ihrer Häufigkeit an.

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Außergewöhnliche Dämmerungserscheinungen im Jahre 1902. Prof. M. Wolf vom astronomischen Observatorium in Heidelberg berichtet:[1]) Die interessantesten Ereignise für die meteorologische Beobachtung waren im Jahre 1902 die zu ungeahnter Pracht entwickelten Dämmerungserscheinungen, die beinahe dieselbe Stärke wie im Jahre 1884 erreichten. Die erste purpurne Dämmerungserscheinung wurde von uns am 17. Juni beobachtet. Die Erscheinungen spielten sich in der bekannten, durch W. Bezold in so meisterhafter Weise

---

[1]) Vierteljahrsschr. d. astronom. Gesellschaft 38. p. 117.

beschriebenen Folge ab. Vom 17. Juni ab zeigten sie sich an jedem einigermaßen klaren Abende bis zum 6. Juli, von wo ab nur noch die rubinrote Färbung, allerdings viel stärker als in andern Jahren, beobachtet werden konnte. Die 2 Purpurlichter und die purpurne Gegendämmerung waren um den 26. Juni am stärksten entwickelt. Am 24. Juli begann eine zweite schwächere Periode der Purpurlichter, die das ganze Jahr anhielt, bald schwächere, bald stärkere Entwicklung äußernd. Besonders im Oktober war ein Maximum ausgesprochen. Der Bishopsche Ring konnte aber merkwürdigerweise erst im Januar 1903 gut erkannt und an Sonne und Mond gemessen werden.

Selbstverständlich wird man die Erscheinungen mit dem Ausbruche der westindischen Vulkane in Verbindung zu bringen suchen. Der erste heftige Ausbruch des Mont Pelé erfolgte am 8. Mai 1902. Es währte also fast 6 Wochen, bis der Staub bei uns in diejenigen Luftschichten kam, wo die Purpurlichter entstehen.

Andere Beobachtungen sprechen aber dafür, daß er bereits früher über uns schwebte; nämlich die täglichen Beobachtungen der Sonnenstrahlung. Das Strahlungsthermometer zeigte nämlich nach Pentadenmitteln:

Mai	26.—31.	mittlere Maximalstrahlung	45.8°
Juni	1.— 5.	„ „	49.9
„	6.—10.	„ „	39.8
„	11.—15.	„ „	39.1
„	16.—20.	„ „	40.0
„	21.—25.	„ „	41.2
„	26.—30.	„ „	46.4

Darnach ist es wahrscheinlich, daß die Staubtrübung bereits gegen den 10. Juni bei uns eingetreten ist, was einer Geschwindigkeit von 5 Wochen entsprechen würde.

Auch die astronomische Durchsichtigkeit des Himmels war in der ganzen 2. Hälfte des Jahres schlechter als sonst.

Über Luftspiegelungen in Ungarn hat P. J. Fényi, auf der Sternwarte in Kalocsa Beobachtungen angestellt.[1]) Luftspiegelungen sind eine dem Landvolke auf der großen ungarischen Tiefebene wohlbekannte Erscheinung, welche auch mit eigenem Namen »délibáb« bezeichnet wird.

P. J. Fényis Standpunkt war der Balkon der Sternwarte, der 15 *m* über der Straße sämtliche Gebäude der Stadt in den Richtungen, in welchen beobachtet werden mußte, überragt; die Höhe über der großen Ebene beträgt um ein paar Meter mehr. Obwohl von den Höhen der Sternwarte aus der ganze Horizont frei ist, kann doch nur im Quadranten SO—NO Luftspiegelung gesehen werden, weil in den übrigen Richtungen teils ferne Hügelzüge jenseits der Donau den Horizont abschließen, teils die Bewaldung der Donauufer oder auch

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1902. p. 507.

die zerstreuten Bäume auf den Gefilden eine Spiegelung nicht zustande kommen oder nicht beobachten lassen. Die Spiegelungen sind an jedem besonnten Tage an denselben Stellen in derselben Form zu sehen, nur mehr oder weniger ausgeprägt, je nach der Klarheit und Ruhe der Luft und Stärke der Insolation. Ein scharfes Auge sieht schon ohne Fernrohr am Horizonte scheinbare Wasserflächen, aus welchen dahinterstehende Bäume oder Häuser hervorragen; letztere sind wegen der großen Helligkeit der Wände auch in den Wasserflächen verlängert, gespiegelt zu sehen. Die Erscheinung hat nichts weniger als etwas Zauberhaftes, ist vielmehr sehr unklar und unscheinbar. Objekt und Spiegelbild erschienen oft in gleicher Weise verschwommen und stark dubios. Manchmal war das Objekt in die Länge gezogen und das Spiegelbild zusammengedrückt. In einem andern Falle sah der Beobachter in einer langen schmalen Wasserfläche ein Haus und mehrere Bäume in derselben Linie, doch alle nur teilweise, soweit es die Breite der Spiegelfläche gestattete, gespiegelt. Diese sind die günstigsten Fälle, welche er zum Beweise einer wirklichen Spiegelung anführen kann. Eine klare, vollkommene Spiegelung kann nie beobachtet werden, weil bei der Insolation die Bilder äußerst unruhig und verschwommen sind, so daß es unmöglich ist, das Spiegelbild mit Evidenz zu identifizieren. Der Mangel liegt aber keineswegs in der Unvollkommenheit des Spiegels; das Objekt selbst erscheint um gar nichts schärfer noch klarer, als sein Spiegelbild.

Betreffs der Tageszeit der Erscheinung kann Verf. über die Morgenstunden keinen Aufschluß geben, da er gegen O, also gegen die Sonne beobachten müßte. Etwa von 10^a — 4^p sind die Luftspiegelungen zu sehen. Ein Wind von etwa Stärke 3 scheint nicht eben hinderlich zu sein. Die günstigste Jahreszeit ist das Frühjahr, was sich aus der kräftigen Insolation und auch aus dem Umstande erklärt, daß die Gefilde noch ohne Vegetation sich darbieten. Auch in der Epoche der höchsten Sommerhitze, im Juli und August, ist die Luftspiegelung keineswegs so glänzend, als zu erwarten wäre, namentlich weil da die Stoppelfelder noch unbewachsen sind. Es ist auch sehr bemerkenswert, daß überhaupt keine hohe Temperatur notwendig ist; Verf. hat die Spiegelung gerade sehr schön im März bei einer Temperatur unter dem Gefrierpunkte beobachtet.

Klimatologie.

Eine kartographische Darstellung der Sonnenscheindauer in Deutschland hat Dr. A. Eichhorn gegeben.[1]) In den Erläuterungen dazu bemerkt er, daß zurzeit in Deutschland 36 Stationen vorhanden sind, an denen die Dauer des Sonnenscheines durch den

[1]) Petermanns Mitteilungen 1908. p. 102.

Campbell-Stokesschen Apparat regelmäßig registriert wird, doch geben diese Apparate naturgemäß zu wenig Sonnenschein an. »Ein Blick auf die Karte«, sagt Dr. Eichhorn, »bestätigt zum Teil die allgemeine Erfahrung, die längst einen sonnigen Süden und trüben Norden kennt, und auch das für Europa als allgemein gültig angenommene Grundgesetz, daß der Abnahme der geographischen Breite die Zunahme der Insolationsdauer parallel gehe, allerdings mit gewichtigen Ausnahmen in Deutschland. Die Sonnenscheindauer beträgt an den für Schottland charakteristischen Stationen Stornoway 3.4, Aberdeen 3.5, Glasgow 2.9, mithin durchschnittlich 3.3 Stunden pro Tag; ebensoviel in Dänemark (Kopenhagen 3.3). In Irland steigert sie sich — Dublin 4.0, desgl. Valencia — auf 4.0; für England möge, London und die Industriegebiete ausgenommen, Oxford mit seinen 4.0 Stunden als Normalstation gelten. In Deutschland sind, abgesehen von Orten mit eigenartigen, abnormen Verhältnissen, die Grenzwerte der täglichen Sonnenscheindauer 4.2 und 4.8 im Mittel; erstere Zahl gilt für Aachen und Kassel, letztere für Jena, Samter und Leobschütz; die durchschnittliche Dauer beträgt also 4.5 Stunden pro Tag. Im Schweizer Hügellande steigt sie von 4.7 in Basel, Zürich, Bern auf 5.2 in Lausanne. In den Alpen hält sie sich zwischen 4.9 (Davos) und 5.7 (Bozen); sie kulminiert am südlichen Fuße derselben mit 6.1 in Lugano. Während sie im sonnigen Italien in Padua 5.6, in Rom 6.7 und jenseits der Adria, in Pola sogar 7.6 Stunden durchschnittlich währt, erreicht sie im sonnenscheinreichsten Teile Spaniens — Cordoba hat nur 7.2 Stunden —, in Madrid mit 8.0 Stunden pro Tag den Höchstbetrag in Europa.

Das für ganz Europa im allgemeinen gültige Gesetz der Zunahme der Sonnenscheindauer von N nach S kommt keineswegs an allen deutschen Stationen zum Ausdrucke; die Wirkungen anderer, durch lokale Einflüsse bedingter meteorologischer Verhältnisse, so infolge der Lage der Stationen der See oder in einem Industriezentrum, in einem engen Talkessel, auf einem Berggipfel usw., überdecken häufig obiges Grundgesetz.

Es ergibt sich, daß in Deutschland im Jahresdurchschnitte die Gegend um Jena, dann eine breite Zone, die fast ganz Hinterpommern und die Provinz Posen umfaßt und der südöstlichste Teil von Schlesien den meisten Sonnenschein genießen, nämlich durchschnittlich täglich 4.8 Stunden lang. Ihnen folgt eine breite Fläche vom nordwestlichen Holstein über die Lüneburger Heide bis Hannover, und eine zweite Fläche, die sich vom Taunus durch die oberrheinische Tiefebene bis Offenburg in Baden erstreckt, mit 4.7 Stunden täglichem Sonnenscheine. Die an Sonnenschein ärmsten Gebiete sind das mittlere und östliche Westfalen, Hessen, besonders das Gebiet um den Inselsberg, das südwestliche Sachsen mit Chemnitz im Mittelpunkte und die Gegend um Aachen; endlich ein kleiner Bezirk um Kiel. Im allgemeinen kommt den Gegenden in der Nähe des Meeres mehr Sonnenschein

zu als den binnenländischen Bezirken; aber den größten Verlust, ganz unabhängig von ihrer geographischen Lage, weisen die Großstadt- und Industriebezirke auf. Wie Dr. Eichhorn nachweist, kann hier ein Verlust bis zu 75 % eintreten; der aufsteigende Ruß der Schornsteine verursacht diesen ungeheuren Verlust an Sonnenschein. »Die Physiognomie, die Sheffield eigen ist — eine Stadt, die sich, aus der Ferne gesehen, einfach als ungeheure Rauchwolke in einer sonniglachenden Landschaft präsentiert —, paßt zu Zeiten auch auf manche Teile deutscher Industrie- und Großstädte.« Am ungünstigsten steht in dieser Beziehung unter den deutschen Großstädten Hamburg da; es hat eine mittlere tägliche Sonnenscheindauer von nur 3.5 Stunden. Berlin hat 4.5 Stunden, und Glan hat nachgewiesen, daß dort infolge des Staub- und Rauchgehaltes der Luft der Lichtverlust viermal größer ist, als in freier Luft. Abends tritt Aufhellung ein, da dann viele Fabrikschornsteine keinen Rauch mehr entsenden. Die Höhe der lichtverschlingenden Schicht ist nicht groß, sie beträgt etwa das Dreifache der Höhe der Wohnhäuser. Im Winterhalbjahre zeigt nach der Karte von Eichhorn die Sonnenscheindauer in Deutschland eine wesentlich andere Verteilung. Es ergibt sich für die Südküste der Ostsee ein sonnenscheinarmes Gebiet, und Hamburg erleidet unter allen deutschen Städten den größten Ausfall an Sonnenschein auch im Winter. Ein 2. Gebiet mit Sonnenlichtmangel im Winter liegt in Ostpreußen um Margrabowa herum, infolge der Nebelbildung über der preußischen Seenplatte. Am sonnenscheinreichsten ist im Winter das Rheinland von Norden nach Süden zunehmend, Elsaß und Lothringen, ein Teil von Württemberg und Franken, sowie das südwestliche Schlesien und die Grafschaft Glatz. Da es keinem Zweifel unterliegen kann, daß die sonnenscheinreichsten auch die von Krankheitskeimen am freiesten Gegenden Deutschlands sind, so geben die Untersuchungen Eichhorns auch wertvolle Fingerzeige für die Anlage von Tuberkuloseheilstätten.

Buchdruckerei Robert Noske, Borna-Leipzig.

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Prof. Dr. Hermann J. Klein.

XV. Jahrgang 1904.

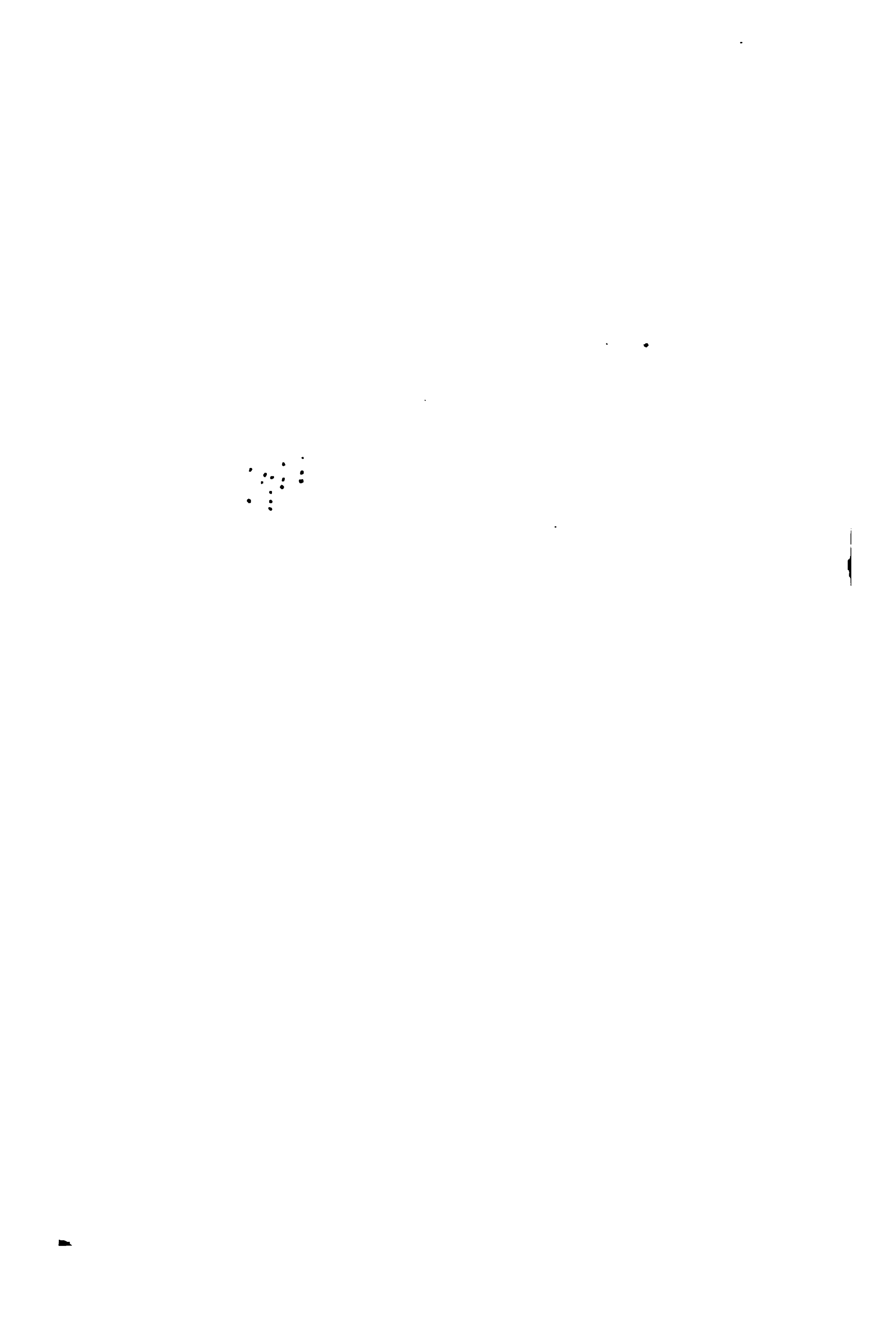
Mit sechs Tafeln.



EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1905.



Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Sonne.

Die Fleckentätigkeit der Sonne im Jahre 1903. Prof. Wolfer in Zürich hat auch für dieses Jahr in altgewohnter Weise die Fleckentätigkeit der Sonne festgestellt.[1] Von ihm und seinem Assistenten wurden während dieses Jahres an 255 Tagen Beobachtungen in Zürich angestellt, außerdem konnten auch achtzehn seiner Beobachtungsreihen benutzt werden. In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt. Es bezeichnet darin n die Anzahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage und r die berechnete Relativzahl der Sonnenflecke. „Das definitive Jahresmittel," sagt Prof. Wolfer, „stellt sich auf $r = 24.4$ und ergibt somit gegen 1902 ($r = 5.0$) eine Zunahme von 19.4 Einheiten, die in Verbindung mit der rapiden Abnahme der Zahl der fleckenfreien Tage von 257 auf 45 das erwartete raschere Ansteigen der Tätigkeit bestätigt. Immerhin kann man diese Zunahme, wenn man sie dem durchschnittlichen Verlaufe des aufsteigenden Zweiges der elfjährigen Fleckenkurve gegenüberhält, noch nicht als eine starke bezeichnen. Von der Relativzahl des letzten Minimumjahres 1901 ($r = 2.7$) aus gerechnet, beträgt die Gesamtzunahme bis 1903 nur 21.7, und diese ist für ein zweites Jahr nach dem Minimum so auffallend gering, daß sie zu einer Vergleichung mit den entsprechenden Verhältnissen in frühern Perioden auffordert, auch wenn es noch verfrüht erscheinen mag, schon jetzt eine Vermutung über den Verlauf der gegenwärtigen Periode und namentlich über die Höhe des kommenden Maximums daran zu knüpfen. Zieht man nur die sieben letzten Perioden in Betracht, in denen sowohl hohe, als mittlere und niedere Maxima vorkommen, und bildet in jeder von ihnen je für das erste und zweite Jahr nach dem Minimum die Überschüsse der betreffenden jährlichen Relativzahlen über diejenige des Minimumjahres selbst, so erhält man die nachstehenden Zahlengruppen:

---

[1] Astron. Mitteil. **95**. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich 1904. **49**.

		Relativzahl	Zuwachs geg. Min.			Relativzahl	Zuwachs geg. Min.
Min	1823	1.8		Min.	1867	7.3	
	1824	8.5	6.7		1868	37.3	30.0
	1825	16.6	14.8		1869	73.9	66.6
Min.	1833	8.5		Min.	1878	3.4	
	1834	13.2	4.7		1879	6.0	2.6
	1835	56.9	48.4		1880	32.3	28.9
Min.	1843	10.7		Min.	1889	6.3	
	1844	15.0	4.3		1890	7.1	0.8
	1845	40.1	29.4		1891	35.6	29.3
Min.	185[illegible]	4.3		Min.	1901	2.7	
	1857	22.8	18.5		1902	5.0	2.3
	1858	54.4	50.5		1903	24.4	21.7

Daraus geht hervor, daß die auf das Minimum von 1901 bezogene Zunahme der Relativzahl von 1903 kleiner ist als alle entsprechenden Beträge in den übrigen Dreijahrgruppen, mit einziger Ausnahme von 1823 bis 1825. Vergleicht man nun mit dieser Tatsache die einzelnen Fleckenkurven, die den genannten Minima folgen, so dürfte sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuten lassen, daß die auf 1901 folgende sich etwa denen von 1823 bis 1833, 1878 bis 1889 und 1889 bis 1901 nähern, d. h. verhältnismäßig flach verlaufen und kein hohes Maximum erreichen werde, falls nicht die nächsten Jahre noch einen unerwarteten plötzlichen Anstieg der Kurve bringen, wie er z. B. im Jahre 1847 einem erst ganz allmählichen langsamen Aufwärtsgehen folgte. Jedenfalls aber ist es vorläufig wenig wahrscheinlich, daß das kommende Maximum sich etwa ähnlich wie jene von 1837 und 1870 gestalte, die beide den vorangehenden Minima in der kurzen Zeit von 3 bis 4 Jahren folgten, und wo in beiden Fällen das Aufsteigen der Kurve vom Minimum zum Maximum mit starken, nahe konstanten jährlichen Gradienten sich vollzog.

Die Fleckenkurve zeigt während des Jahres 1903 schon ein sehr viel bewegteres Bild als im vorigen Jahre. „Wo sie auf Null sinkt, geschieht es jedesmal nur für wenige Tage; die sekundären Schwankungen von kurzer Periode sind lebhafter und zahlreicher geworden, und ihre Amplituden wachsen mit zwei Unterbrechungen im Mai und September beständig von Anfang bis Ende des Jahres. Die Zunahme fand intermittierend statt, in drei Erhebungen von längerer Dauer, deren jede eine Gruppe aufeinanderfolgender sekundärer Wellen umfaßt. Die erste Gruppe trat im April auf, die zweite von Juni bis August, die dritte von Oktober bis Dezember; dazwischen liegen zwei Intervalle geringerer Tätigkeit im Mai und September. Die dritte, letzte Gruppe sekundärer Maxima begann Anfang Oktober mit einem plötzlichen, rapiden Steigen, veranlaßt durch die bekannte große Fleckengruppe, die am 5. Oktober eintrat, und der sodann eine Reihe weiterer ebenfalls stark entwickelter Tätigkeitsherde folgte.

Vergleicht man aber die einzelnen sekundären Maxima in bezug auf ihre zeitliche Lage innerhalb der Rotationsperioden, zu denen sie

gehören, so bemerkt man, daß sie von Ende März an fast regelmäßig mit geringen Abweichungen je auf dieselbe Rotationsphase der Sonne, und zwar nahe auf die Anfangsepochen der einzelnen Rotationsperioden fallen, und daß sie nur nach und nach gegen das Ende des Jahres hin sich gegen diese etwas verspäten. Daraus ist zu schließen, daß diese sekundären Maxima einer überwiegenden und ungewöhnlich lange andauernden Konzentration der Tätigkeit auf einem begrenzten Gebiete der Fleckenzonen zuzuschreiben sind."

Die Verteilung der Flecke und Fackeln auf der Sonne während der elfjährigen Fleckenperiode ist von A. Mascari untersucht worden.[1]) Er benutzte hierzu die Beobachtungen Tacchinis von 1879 bis 1900 zu Rom und seine eigenen, von 1893 bis 1903 zu Catania angestellten, ebenso wurden die Beobachtungen der Protuberanzen zu Catania zugezogen. Es ergaben sich folgende Tatsachen: 1. Die Gebiete größerer Lebhaftigkeit der äquatorialen Fackeln und der Flecken zeigen von einem elfjährigen Minimum bis zum nächstfolgenden eine Bewegung aus den Zonen $\pm$ 20 bis $\pm$ 30° nach dem Äquator hin; hingegen wandern in der gleichen Zeit diejenigen der Protuberanzen fast von denselben Zonen größerer Tätigkeit der Fackeln und Flecken fort, richten sich aber nach den polaren Gebieten und bleiben noch bestehen bis fast zur Epoche des folgenden Maximums des ersten Zyklus. Dies liefert eine Stütze für die Unabhängigkeit der beiden Sonnenerscheinungen, Fackeln und Wasserstoffprotuberanzen, die auch anderweitig nachgewiesen ist. 2. Die Zonen größerer Tätigkeit der Protuberanzen entwickeln sich in den Zonen der geringern Tätigkeit der Fackeln. Man kann also sagen, daß die Zonen größerer Tätigkeit der Fackelgruppen, die zwischen der mittlern Breite $\pm$ 45° und dem Äquator liegen, eine parallele und mit der der Flecken zusammenfallende Bewegung, aber eine umgekehrte zu der der Protuberanzen ausführen. Die Fackeln jenseits des Hauptmaximums in den Äquatorialgegenden jeder Hemisphäre hingegen zeigen ein sekundäres Maximum in den Polargegenden (das keine Verschiebung erkennen läßt und dem Äquator parallel bleibt). Das Zentrum größerer Tätigkeit der Protuberanzen fällt allgemein in die Gegenden der geringern Tätigkeit der Fackeln.

Die Verteilung der Sonnenflecke in heliographischer Breite von 1874 bis 1902. Walter Maunder hat vor einiger Zeit die während dieses Zeitraumes auf der Sternwarte Greenwich fortlaufend aufgenommenen Sonnenphotographien in bezug auf die Verteilung der Flecke über beide Hemisphären der Sonne nördlich und südlich vom Äquator untersucht.[2]) Seitdem ist eine Arbeit von Dr. W. J. S. Lockyer erschienen, welche sich mit dem nämlichen Gegenstande beschäftigt, aber zu Schlüssen führt, die nach Maunder unzulässig

[1]) Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani 1904. **33**. p. 45.
[2]) Dieses Jahrbuch **14**. p. 9.

sind. Letzterer kommt deshalb auf den Gegenstand nochmals zurück[1]) und stellt fest:

a) Die beiden Sonnenhemisphären unterscheiden sich während der ganzen Periode sehr wesentlich voneinander in bezug auf die gesamte von den Flecken eingenommene Fläche: die südliche war fleckenreicher, indem sie 56.5% der sämtlichen Fleckenareas aufwies.

b) Die Wendepunkte während des Sonnenzyklus waren auf der nördlichen Hemisphäre früher erkennbar als auf der südlichen, sowohl bei der Zunahme, als bei der Abnahme der Flecke.

c) Die nördliche Hemisphäre zeigte während der beiden Fleckenperioden, die in den Zeitraum von 1874 bis 1902 fielen, ein doppeltes Maximum der Flecke, von denen das erste drei Jahre vor dem zweiten eintrat. Die Fleckenkurve zeigt deshalb in ihrer allgemeinen Form ein lang hingezogenes, aber nicht sehr ausgezeichnetes Fleckenmaximum.

d) Die südliche Hemisphäre der Sonne zeigt im Gegensatze dazu ein sehr scharf ausgesprochenes Fleckenmaximum, das zwischen die beiden Maxima der nördlichen Hemisphäre fällt.

Spörer hat früher nachgewiesen, daß nach der Zeit des Fleckenminimums die Flecke, welche seit geraumer Zeit in höhern Breiten verschwunden waren, plötzlich in etwa 30° nördlicher wie südlicher Breite auf der Sonne wieder auftauchten.[2]) Dieses sogenannte Gesetz findet auch Maunder im allgemeinen bestätigt, während die Schlußfolgerungen Lockyers von ihm und von A. L. Cortie[3]) abgelehnt werden.

Das Spektrum der Sonnenflecke, und zwar die Region zwischen den Linien B bis D, ist durch A. L. Cortie auf der Sternwarte des Stonyhurst-College in der Zeit von 1890 bis 1901 beobachtet worden[4]) im Anschlusse an ähnliche Beobachtungen in den Jahren 1882 bis 1889.[5]) Die Identifizierung der einzelnen Linien geschah mit Hilfe der photographischen Darstellungen von Higgs. Als Ergebnis wird eine Tabelle von 300 Linien der bezeichneten Spektralregion mitgeteilt, die in den Sonnenflecken Veränderungen erleiden. Aus den Beobachtungen ergibt sich, daß die hauptsächlichsten Veränderungen bestehen in Erbreiterung der Linien oder zunehmender Verdunklung ohne Erbreiterung, im Verschwinden derselben in den Flecken, in Verschiebungen ihrer Lage, Umkehrungen, Ausfranzungen usw. Besonders sind es die Linien des Natriums (die D-Linien) Vanadiums, Chroms und Titaniums, welche Veränderungen ihres Aussehens erleiden, bisweilen auch die dem Sauerstoffe zugeschriebenen Linien und die atmosphärischen Wasserdampflinien. Außer

---

[1]) Monthly Notices **64**. p. 747.
[2]) Compt. rend. **108**. p. 486.
[3]) Monthly Notices **64**. p. 762.
[4]) Monthly Notices **63**. p. 468.
[5]) Mem. Astron. Soc, **50**. p. 30.

den oft umgekehrten Linien C und D wurde einmal in einem Flecke auch die Kalziumlinie λ 6122.43 umgekehrt gesehen, sowie bisweilen die Eisenlinien λ 6393.82 und λ 6400.54. Diese drei Linien sind chromosphärische Linien.

Umkehr der Linie D_3 im Sonnenspektrum. Hierüber berichtete H. Kreusler in der deutschen physikalischen Gesellschaft.[1]

Die dem Helium angehörige, gewöhnlich als D_3 bezeichnete Linie, heißt es in dem Berichte Kreuslers, zeigt sich stets hell im Spektrum der Chromosphäre und der Protuberanzen, sowie zuweilen in den Lichtbrücken der Sonnenflecke. Sie ist leicht wahrzunehmen, wenn man auf die Spaltebene eines stark zerstreuenden Spektroskops ein Sonnenbild entwirft. Tangiert der Spalt das Sonnenbild, so sieht man D_3 je nach der Größe des letztern als mehr oder weniger lange, helle Linie; stellt man den Spalt radial, so erscheint sie als kurze, spitze Hervorragung aus dem kontinuierlichen Spektrum, wenn der Spalt nicht gerade auf eine ausgedehnte Protuberanz trifft. In letzterm Falle korrespondiert ihre Länge mit der Höhe der Protuberanz an der betreffenden Stelle.

Eine dunkle Linie vom Charakter einer gewöhnlichen Fraunhoferschen am Orte der hellen D_3-Linie existiert nicht.

Ricco, Belopolski und Woods sahen allerdings an der Basis von Protuberanzen innerhalb der hellen D_3 eine sehr feine, dunkle Linie, die aber wahrscheinlich nicht auf einer Umkehr beruht, sondern darauf zurückzuführen ist, daß die gelbe Heliumlinie in Wahrheit doppelt ist.

Indessen hat Young schon am 22. September 1870 in der Penumbra eines Fleckes D_3 als grauen Schatten beobachtet. Letztere Erscheinung, eine unzweifelhafte Umkehrung der D_3-Linie, ist selten; über spätere Beobachtungen ähnlicher Art hat Verf. in der Literatur keine Angaben finden können.

Am 12. Juni 1904 zwischen 12 und 2 Uhr beobachtete Verf. im Physikalischen Institut zu Berlin die Sonne an einem 6-zölligen Reflektor mit einem Spektroskop, dessen Dispersion der von neun Schwefelkohlenstoffprismen von 60° gleichkommt. Der Durchmesser des auf die Spaltebene projizierten Sonnenbildes betrug 8 bis 9 *cm*; das Fernrohr des Spektroskops hatte etwa achtfache Vergrößerung.

Zwischen dem Zentralmeridiane und dem Westrande der Sonne befand sich eine Gruppe von vier kleinen, trapezartig angeordneten Flecken. In der nächsten Umgebung dieser Flecken waren die Fraunhoferschen Linien C und F unsichtbar, in den Flecken selber hell. Die beiden D-Linien zeigten in den Flecken außer der gewöhnlich beobachteten Verbreiterung keine Anomalien. (Young sah bei der vorher erwähnten Gelegenheit die D-Linien in der Penumbra hell.)

[1]) Ber. d. Dtsch. physik. Ges. 1904. p. 197.

Die Linie D_3 war in den Flecken selbst nicht zu sehen, dagegen zeigte sie sich in der Umgebung, wo C und F unsichtbar waren, als dunkles, etwas verwaschenes, an beiden Enden spitz auslaufendes Band, und zwar nicht schwarz, sondern mattgrau.

Die Erscheinung war sehr augenfällig; Dr. Starke, der zufällig hinzukam, sah die dunkle Linie auf den ersten Blick. Leider wurde die Beobachtung durch Bewölkung vielfach unterbrochen, so daß eine genauere Okularbeobachtung der Flecke und ihrer Umgebung, besonders mit Rücksicht auf die Anwesenheit von Fackeln nicht angestellt werden konnte.

Am 13. Juni war D_3 noch dunkel zu sehen, allerdings viel weniger deutlich. Das Aussehen der Linien C und F war von ihrem gewöhnlichen Anblick nicht mehr verschieden. Fackeln von besonderer Helligkeit waren an diesem Tage in der Umgebung der Flecke nicht zu bemerken.

Kalzium- und Wasserstoffflockeln in der Sonnenatmosphäre. Die vor mehr als zwölf Jahren von Prof. Hale begonnenen Untersuchungen der Sonnenoberfläche mittels des mit zwei beweglichen Spalten versehenen Spektroheliographen sind von ihm und Ellermann fortgesetzt worden, und beide berichten jetzt über die Ergebnisse derselben.[1]) Dieselben beziehen sich auf die Verteilung der glühenden Dämpfe des Kalziums auf der Sonne, auf Erscheinungen, die sonst weder mit bloßem Auge, noch mit den gewöhnlichen photographischen Methoden gesehen werden können.

Wie aus den Resultaten dieser Untersuchung ersichtlich wird, befinden sich die Kalzium- und Wasserstoffdämpfe in der Photosphäre der Sonnenatmosphäre in höhern Schichten als die dichten Kalzium- und Wasserstoffwolken. Es ist darum vorteilhaft, mit dem Namen „Flockeln" die Dämpfe zu bezeichnen, die sich von den „Fackeln" erheben, welche über oder unter jenen liegen. Die Fackeln sind die Erhöhungen in der Photosphäre, die durch direkte optische und photographische Beobachtungen gesehen werden können, und die sich durch das kontinuierliche Spektrum kennzeichnen. Die Flockeln dagegen sind die Gase und Dämpfe, die in größern Höhen liegen, die durch direkte Beobachtungen nicht gesehen, aber durch spektroheliographische Photographien nachgewiesen werden können. Zu den Flockeln gehören alle hellen oder dunkeln Dämpfe, die ohne Unterschied ihrer Höhe sich auf die Sonne projizieren. Das heißt, eine Flockel kann sich in der absorbierenden Schicht, in der Chromosphäre oder in der Protuberanz der Sonne befinden. Die Formen der Kalzium- und Wasserstoffflockeln unterscheiden sich voneinander, so daß man sie als Kalzium- und Wasserstoffflockeln bezeichnen kann.

Zur Untersuchung der Flockeln ist eine Methode sehr vorteilhaft,

---

[1]) Astrophysical Journ. 1904. Januar.

die einzelne Durchschnitte der Gase und Dämpfe in verschiedenen Höhen über der Photosphäre zu photographieren erlaubt.

Es ist bekannt, daß die Spektrallinien der Dämpfe im elektrischen Funken, die mit dem Spalte senkrecht zur Längsrichtung des Funkens erzeugt sind, verschiedene Breite haben, je nachdem sie den mittlern oder äußern Partien des Funkens gehören. In der Mitte des Funkens sind die Metalldämpfe dicht und darum die zugehörigen Teile der Spektrallinien breit. In den äußern Partien sind die Dämpfe verhältnismäßig dünner und darum diese Teile der Linien enger. Die Breite der dazwischenliegenden Teile der Linien ändert sich mit der Dichte des Dampfes. Es ist oft möglich, noch eine schmale schwarze Linie in der Mitte der hellen zu beobachten, die durch den kalten dünnen Dampf in den äußersten Schichten des Funkens gebildet ist.

Ähnliche Verhältnisse existieren auf der Sonne. Die H- und K-Linien der Kalziumdämpfe zeigen im Sonnenspektrum eine zusammengesetzte Struktur, bestehend aus drei Teilen: aus einem breiten dunkeln Bande, das als $H_1 K_1$ bezeichnet werden mag; aus einer verhältnismäßig schmalen hellen Linie, die sich oft in Mitte des dunkeln Bandes befindet, $H_2 K_2$, und aus einer noch schmalern dunkeln Linie, die sich selten in der hellen befindet, $H_3 K_3$. Das diffuse dunkle Band $H_1 K_1$ wird durch die dichten Dämpfe, die sich in unmittelbarer Nähe der Photosphäre befinden, gebildet. Im allgemeinen, wie es aus Finsternisbeobachtungen bekannt ist, liegen die dichten Kalziumdämpfe so niedrig in der Chromosphäre, daß sie nicht sich projizierend am Rande der Sonne beobachtet werden können. Die helle Linie $H_2 K_2$, wie es aus Spektralbeobachtungen der Chromosphäre ersichtlich ist, gehört zu Dämpfen, die sich am Sonnenrande hell projizieren, obgleich sie nicht die höchsten Teile der Chromosphäre erreichen. Die dunkle Linie $H_3 K_3$ ist durch die kältern Dämpfe gebildet, die sich in höchsten Teilen der Chromosphäre befinden.

Es ist klar, daß, wenn der zweite Spalt des Spektroheliographen auf das äußerste Ende der Linie H_1 K_1 eingestellt wird, er das Licht nur von den Dämpfen erhalten kann, die dicht genug sind, um so breite Linien zu bilden. Die dünnern Dämpfe in größern Höhen erzeugen engere Linien, und folglich senden sie ihr Licht durch den zweiten Spalt nicht. Wenn der Spalt die Linie näher der Mitte schneidet, so daß die Linie $H_2 K_2$ im Spalte sich befindet, so bekommt er das Licht von den hellen Dämpfen, die noch genug dicht sind, um eine Linie von der kleinern Breite zu bilden, und die sich in größern Höhen befinden. Schneidet der Spalt die Mitte der Linie, so bekommt er in den Fällen, wo die Linie $H_3 K_3$ stark genug ist, dagegen $H_2 K_2$ undeutlich erscheint, das schwache Licht von den dünnsten Dämpfen, die sich in noch größern Höhen befinden.

Es folgt daraus, daß, wenn der erste Spalt des Spektrohelio-

graphen durch das ganze Sonnenbildchen verschoben wird, die drei Photographien nacheinander folgende Durchschnitte der Flockeln in verschiedenen Höhen über der Photosphäre liefern.

Gemäß solchen Untersuchungen zeigen die Photographien der niedrigsten Durchschnitte eine Menge von verhältnismäßig kleinen, aber sehr deutlichen Elementen an der Basis der Kalziumflockeln, an die sich in den Photographien der höhern Durchschnitte mehr ausgedehnte, größere Flächen bedeckende Gebilde angliedern. Aus mehrern Photographien, die bei sehr günstigen atmosphärischen Verhältnissen erhalten wurden, ergibt sich, daß wahrscheinlich die Kalziumflockeln aus einer Menge von Gas- und Dampfsäulen bestehen, die sich ausdehnen, sobald sie die größern Höhen erreichen, und in vielen Fällen in ihren höchsten Teilen sich seitwärts ausbreiten.

Bei Anwendung des Spektroheliographen zum Photographieren der Flockeln anderer Gase als Kalzium ist es unbedingt notwendig, daß die Spektrallinien dieser Gase durch starke Dispersion auch so breit gemacht werden, daß sie den zweiten Spalt ganz bedecken werden. Wenn das nicht der Fall ist, so wird das Licht des kontinuierlichen Spektrums von beiden Seiten der dunkeln Linie zur photographischen Platte durchdringen, und es wird die kleinste Menge dieses Lichtes ausreichen, um den Effekt, hervorgebracht durch die Intensitätsänderung der dunkeln Linie, ganz zu vernichten. Denn obgleich diese Linie nur durch Kontrast dunkel ist, so ist doch ihr Licht viel schwächer als das des kontinuierlichen Spektrums, auf welchem sie liegt.

Die mit den Wasserstofflinien $H\beta, \gamma, \delta$ gemachten Photographien zeigen breite dunkle Gebilde, die den hellen mit Kalziumlinien H_2 K_2 erzeugten ähnlich sind, obgleich sie sich von jenen in manchen Fällen durch andere Formen unterscheiden. Mehrere solcher Photographien führen zu dem Resultate, daß ohne Zweifel im allgemeinen die Wasserstoffflockeln dunkel und den hellen Kalziumflockeln ähnlich sind, doch können sie sich von letztern oft unterscheiden. Da die Wasserstoffflockeln hauptsächlich eruptiver Natur sind, so ist die Temperatur des Wasserstoffgases, die für eine Lichtstrahlung maßgebend ist, durch heftige Strömung so weit herabgesunken, daß sie sich von der Temperatur der umgebenden Wasserstoffgase nicht unterscheidet, oft aber unter dieser normalen Temperatur liegt. Darum erscheinen die Wasserstoffflockeln im allgemeinen dunkel. Man könnte aber erwarten, daß in sehr aktiven Regionen der Sonnenoberfläche die hellen Wasserstoffflockeln erscheinen werden. Und wirklich ist es möglich, in unmittelbarer Nähe der Flecke die hellen Wasserstoffflockeln nachzuweisen, die in größern Entfernungen dunkel erscheinen.

Aus dem Vergleiche der Photographie, bei der der Spalt auf die Wellenlänge $\lambda = 3966$ in der mittlern Breite der dunkeln Linie H_1,

mit der, wo er auf $\lambda = 3968.6$ in der hellen Linie H_2 eingestellt war, wird ersichtlich, daß in den untern Schichten die lichten Kalziumdämpfe große Partien der Flecke bedecken, und in den höhern Schichten die dünnern Kalziumgase über den Halbschatten und Schatten der Flecke sich erheben.

Eine Schwankung der Sonnenstrahlung ist von S. P. Langley wahrscheinlich gemacht worden.[1] Nach seinen Beobachtungen mit dem verfeinerten Bolometer (dem Bolographen) ergab sich der Wert der Sonnenkonstante im Jahre 1902 an drei Tagen des Oktober gleich 2.18, am 19. Februar 1903 gleich 2.26. Zwei Reihen vom 25. und 26. März liefern die rasch sinkenden Werte 2.26, 2.21 und 2.10, 2.08, die nächsten Beobachtungen vom 29. April 1.94 und 1.97. Nach einem etwas höhern Werte (2.14) am 7. Juli verharrte die Konstante am 24. August, 14. und 29. Oktober, 7. und 23. Dezember 1903 und 27. Januar 1904 auf Werten zwischen 1.93 und 2.05 oder, wenn man nur die Tagesmittel vergleicht, zwischen 1.94 und 2.01, hatte dagegen am 11. Februar den ältern Wert von 2.26 wieder erreicht. Während die Luftdurchlässigkeit in der zweiten Jahreshälfte von 1903 nahezu wieder ihre unverminderte Größe erreicht hatte, war die Sonnenstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre um dieselbe Zeit um etwa ein Zehntel herabgegangen. Hätte man die Sonnenkonstante für April bis August 1903 mit der normalen Luftdurchlässigkeit berechnet, so wäre sie noch kleiner gefunden worden.

Eine Abnahme der unabsorbierten Sonnenstrahlung um etwa 10% ist daher für einen Zeitraum von mehrern Vierteljahren höchst wahrscheinlich. Langley zeigt weiter, daß nach dem Stefanschen Strahlungsgesetze die mittlere Temperatur der Erde bei Empfang einer um 0.1 verminderten Erwärmung um 7.5° fallen müßte, nämlich von 17 auf 10°, aber erst nach einiger Zeit bei dauernder Abnahme der Sonnenstrahlung. Handelt es sich um kürzere Schwankungen, so kann diese Wirkung nicht ganz eintreten. Die Abnahme dürfte sich aber vielleicht zeigen an Orten mit kontinentalem Klima, während Orte in der Nähe der See erst nach länger dauernder Strahlungsänderung eine Wirkung verspüren dürften, da die großen Wassermassen ausgleichend auf die Temperatur einwirken.

Langley hat nun zehntägige Temperaturmittel von 89 Stationen der nördlichen gemäßigten Zone geprüft. Die Stationen wurden in sieben Gruppen eingeteilt unter Berücksichtigung ihrer geographischen Lage, ihrer Entfernung vom Meere und ihrer Höhe über der Meeresfläche. Die Abweichungen der Temperaturen von ihren Normalwerten zeigen in allen Gruppen vom April bis November 1903 ein Sinken um mehrere Celsiusgrade. Der Temperaturfall spricht sich am deutlichsten aus bei den Stationen des europäischen und asiatischen Rußland, also den am weitesten vom Meere entfernten Ge-

[1]) Astrophysical Journ. 19. p. 305.

bieten. Daß die Temperaturen schon gegen Ende 1903 wieder normal wurden, während die Sonnenstrahlung noch bis in den Januar 1904 unternormal blieb, könnte durch die wieder erhöhte Durchlässigkeit der Atmosphäre erklärt werden.

Dieses Verhalten der irdischen Temperaturen spricht für die Annahme einer wirklichen Abnahme der Sonnenstrahlung vom April 1903 an. Künftige Beobachtungen müssen zeigen, ob nur eine auf kaum ein Jahr beschränkte Strahlungsänderung vorliegt, oder ob diese mit dem Beginne der neuen Fleckenperiode auf der Sonne zusammenhängt.

Die Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900. Das Smithsonian-Institut in Washington hatte zur Beobachtung dieser Finsternis eine eigene Expedition ausgerüstet, die in der Nähe von Wadesboro ihre Station aufschlug. Der offizielle Bericht über diese Expedition ist jetzt erschienen. [1])

Die Aufgabe der Expedition bestand darin: 1. die feinere Struktur der innern Korona photographisch aufzunehmen und zu beobachten; 2. die äußere Korona und etwaige Objekte in der Nähe der Sonne zu photographieren; 3. die Wärmestrahlung der innern Korona zu messen und, wenn möglich, mittels des Bolometers die Energieverteilung im Spektrum derselben festzustellen; 4. das sogenannte Flashspektrum zu photographieren; 5. die Zeiten der Berührungen des Sonnen- und Mondrandes genau zu beobachten.

Die Wahrnehmung der sehr merkwürdigen Struktur des innern Teiles der Korona, welche Prof. Langley und andere gelegentlich der Finsternis von 1878 machten, ließ es wünschenswert erscheinen, während der Totalität von 1900 eine genaue Darstellung der innern Korona zu erhalten. Selbstverständlich war solches nur durch photographische Aufnahmen zu erzielen, und um möglichst große Bilder zu erlangen, mußte ein photographisches Fernrohr mit sehr langer Brennweite zur Anwendung kommen. Prof. E. Pickering vom Harvard-College-Observatorium stellte zu diesem Zwecke der Expedition ein Objektivglas von 12 Zoll Durchmesser und 135 Fuß Brennweite nebst den erforderlichen Nebenapparaten zur Verfügung, und neben diesem großartigen Instrumente konnte noch eine von Prof. Young vermittelte Linse von 5 Zoll Durchmesser und 38 Fuß Brennweite verwendet werden. Zum Zwecke der Beobachtungen mit bloßem Auge dienten ein 5-zölliges und mehrere kleinere Teleskope, zur photographischen Aufnahme der äußern Korona verschiedene Kameras mit Linsen von kurzen Brennweiten, die zu möglichst lang dauernden Aufnahmen Verwendung finden sollten, um die äußersten Grenzen der Korona noch darzustellen. Untersuchungen über die Wärmestrahlung der Korona mittels des Bolometers bildeten natürlich die Hauptaufgabe für Prof. Langley. Zur Nachforschung nach

[1]) The Solar Eclipse Expedition of the astrophys. Observatory of the Smithsonian Institute by Langley. Washington 1904.

einem etwaigen intramerkurialen Planeten diente der von Professor E. Pickering angegebene photographische Apparat, der aus mehrern Kameras besteht, deren Achsen so gegeneinander geneigt sind, daß sie zusammen eine Fläche des Himmels aufnehmen, die sich östlich und westlich bis zu 15° und nördlich wie südlich bis zu 5° vom Mittelpunkte der Sonne erstreckt.

Der 28. Mai war meteorologisch den Beobachtungen sehr günstig, wolkenlos blaute der Himmel über der Station, und alle projektierten Beobachtungen konnten ausgeführt werden.

Was zunächst die Dunkelheit während der Totalität anbelangt, so wurde sie ungefähr gleich derjenigen geschätzt, die in einer klaren Vollmondnacht herrscht; indessen konnten von Planeten und Sternen nur wenige der hellsten gesehen werden. Die äquatoriale Ausdehnung der Korona an jeder Seite der Sonne wurde von den Beobachtern mit bloßem Auge auf zwei bis fünf Monddurchmesser geschätzt. Ein mitbeobachtender Maler schätzte die Farbe des äußern Koronalichtes apfelgrün, und sie erstreckte sich bis zu einem halben Sonnendurchmesser gegen den Rand hin, von wo an die Färbung mehr gelblich war, während die innere Korona blaßgoldfarbig erschien. Die teleskopischen Beobachtungen ließen eine große Menge Detail in der Korona erkennen, doch erschien dasselbe weniger scharf und bestimmt als bei der Finsternis von 1878, welche Prof. Langley auf Pikes Peak beobachtete. Große Protuberanzen waren sichtbar, und sie schienen im Zusammenhange mit Regionen der Korona zu stehen, die ein gestörtes Aussehen zeigten. Die äquatorialen Koronastreifen konnten auf der Photographie bis zur Entfernung von vier Sonnendurchmessern verfolgt werden, und in dieser Entfernung wurden sie offenbar nur wegen Lichtschwäche unsichtbar, keineswegs aber zeigten sie dort ein bestimmtes Ende der Ausdehnung. Die Koronastrahlen in den Polargegenden der Sonne waren augenfällig und vielfach in derselben Weise in Kurven geordnet wie die bekannten Kraftlinien eines Magneten. Mit den Kameras von langer Brennweite wurden Photographien mit zahlreichen Details erhalten, die zum Vergleiche mit den Aufnahmen zukünftiger Finsternisse von höchstem Werte sind. Besonders die Linse von 135 Fuß Brennweite erwies sich für die Finsternisphotographie äußerst wertvoll.

Die Bolometerbeobachtungen zeigten die Wärmewirkung der innern Koronastrahlung, doch war dieselbe unerwartet schwach. Die Ergebnisse deuten eine verhältnismäßige Schwäche des infraroten Teiles des Koronaspektrums an, was unvereinbar ist mit der Hypothese, daß die Strahlung eine Folge hoher Temperatur ist oder hauptsächlich aus reflektiertem Sonnenlichte besteht. Dies zusammen mit dem Aussehen der Korona scheint die Hypothese zu begünstigen, welche die Hauptquelle dieser Strahlung in einer Art elektrischer Entladung erblickt. Die wohlbekannte Polarisation des Lichtes der äußern Teile der Korona und das Vorhandensein feiner dunkler Linien

im Spektrum derselben, welche Janssen vor Jahren entdeckte, und die durch Perrotines Photographien der Finsternis von 1901 bestätigt wurden, beweisen, daß ein kleiner Teil der Koronastrahlung durch reflektiertes Licht der Sonnenphotosphäre zustande kommt. Indessen lehren die photographischen Aufnahmen des Koronaspektrums durch Campbell (1898) und Perrine (1901), daß die Hauptmasse des Lichtes der Korona keineswegs reflektiertes Sonnenlicht ist. Manche neigen zu der Annahme, die Hauptquelle des Lichtes der Korona sei in glühenden Partikelchen zu suchen, die sich nahe der glühenden Sonnenphotosphäre befinden, indessen ist Prof. Langley überzeugt, daß der spektroskopische Befund gleich gut auch mit der Annahme elektrischer Entladungen übereinstimmt.

Die Nachforschung nach intramerkurialen Planeten ergab die Unwahrscheinlichkeit der Existenz von solchen, die heller als 5. Größe erscheinen, doch könnten immerhin schwächere vorhanden sein. Auf einer Platte fanden sich verschiedene Andeutungen solcher Objekte, da aber kein Duplikat zur Verfügung vorhanden ist, so muß es unentschieden bleiben, ob es sich um Plattenfehler handelt oder um wirkliche Objekte. Bei künftigen Finsternissen wird man mit geeigneten Apparaten wahrscheinlich Sterne bis zur 9. Größe photographieren können.

Von den zahlreichen und prachtvollen Tafeln, welche die Publikation des Astrophysik. Obs. des Smithsonianinstituts bringt, möge hier eine reproduziert werden. Die Tafel I gibt das allgemeine Aussehen der Korona wieder, gemäß der Aufnahme mit der Kamera von 11 Fuß Brennweite bei 82 Sekunden Exponierung.

Sonnentätigkeit und Erdmagnetismus. Prof. Ricco gibt folgende Zusammenstellung der bisher aufgestellten Hypothesen über die Beziehung der Sonnentätigkeit zum Erdmagnetismus.[1]) Man hat zunächst angenommen, daß der Eigenmagnetismus der Sonne Schwankungen erleide, welche auf den der Erde Einfluß üben; aber man bemerkte, daß es unwahrscheinlich sei, daß die Sonne mit ihrer Temperatur von 5000° und mehr eigenen Magnetismus besitze. Ferner hat Lord Kelvin bewiesen (und dies ist zwingender), daß auch für eine mäßige Störung die Sonne so viel von ihrer Energie in Gestalt von elektromagnetischen Wellen aufwenden müßte, als sie in vier Monaten in Form von Licht und Wärme aussendet, was ganz unwahrscheinlich, auch unmöglich ist.

Nachdem Faraday bewiesen hatte, daß der Sauerstoff magnetisch ist, und daß sein Magnetismus beim Erwärmen abnimmt, hat man angenommen, daß die Sonnenstrahlung, die nacheinander auf verschiedene Teile der Atmosphäre einwirkt, hier eine Verschiebung der magnetischen Kraftlinien erzeugt, welche auf die Magnetnadel wirkt. Aber C. Nordmann, der sich eingehend mit dieser Frage beschäftigte,

---

[1]) Memorie delle Società delle spettroscopisti Italiani **32**. p. 38.

hat bewiesen, daß die magnetischen Eigenschaften der Atmosphäre nur einen minimalen Einfluß auf die Bewegungen der Magnetnadel haben können.

Man hat sich gedacht, daß die erdelektrischen Ströme mit ihren Schwankungen die des Erdmagnetismus erzeugen können; aber Schuster hat unwiderlegbar bewiesen, daß die Kräfte, welche es auch sein mögen, die diese Schwankungen des Erdmagnetismus erzeugen, außerhalb der Erde existieren müssen; und ferner hat Airy bewiesen, daß kein Zusammenhang existiert zwischen den magnetischen Schwankungen und den Erdströmen, welche regelmäßig auf der Sternwarte in Greenwich registriert werden.

Balfour Stewart hat zur Erklärung der Schwankungen des Erdmagnetismus angenommen, daß in der Atmosphäre elektrische Ströme kreisen, deren Intensität modifiziert werde durch die Sonnenstrahlung. Solche Ströme könnten wirklich erzeugt werden von der Induktion der Erde auf die Massen der Luft, welche in den hohen Regionen der Atmosphäre sich bewegen; aber einerseits ist das erdmagnetische Feld zu schwach, um induzierte Ströme zu erzeugen, die fähig sind, die Schwankungen des Erdmagnetismus zu erklären; anderseits folgt aus den Versuchen von Bouty, daß in den verdünnten Gasen die Elektrizität nicht wandern kann infolge von Potentialdifferenzen, die unter einer bestimmten Grenze liegen.

Nordmann nimmt an, daß die Sonne zugleich mit andern Manifestationen ihrer Tätigkeit Hertzsche Wellen aussendet, die man jedoch an der Erdoberfläche nicht hat nachweisen können, auch nicht auf dem Montblanc, wie er es versucht hat, weil sie von den höhern Luftschichten absorbiert werden. Darum würde diese verdünnte Luft unter der Wirkung der Hertzschen Wellen fähig werden (in gewissen Fällen, wie es Righi nachgewiesen), auch intensive Ströme unter kleiner Potentialdifferenz zu erzeugen; von diesen Strömen würden sich Schwankungen der Intensität des Erdmagnetismus ableiten. Aber die Hertzschen Wellen pflanzen sich mit Geschwindigkeiten fort, gleich der des Lichtes, und sie pflanzen sich nach allen Richtungen fort; somit müßten die magnetischen Störungen unmittelbar auftreten bei der Bildung und Umbildung der Flecke oder bei der Entstehung eines andern Phänomens der Sonnentätigkeit, und zwar in jedem Punkte der Sonnenkugel, in dem es auftritt; dies entspricht nicht dem, was Marchand, Maunder, Ricco u. a. gefunden haben.

Goldstein und Deslandres nehmen an, daß die Sonne in normaler Richtung zu ihrer Oberfläche Kathodenstrahlen aussendet, welche auf den Erdmagnetismus wirken, was sicherlich wahrscheinlich ist; aber es scheint, daß auch die Geschwindigkeit dieser Strahlen größer ist als diejenige, mit welcher die Fortpflanzung des Einflusses der Sonnenflecke auf den Erdmagnetismus wirklich stattfindet.

Arrhenius hat eine ähnliche Hypothese aufgestellt, nämlich, daß

die Sonne Ionen aussendet, d. h. elektrisierte Teilchen, welche von der Sonnenoberfläche abgestoßen werden infolge des Strahlungsdruckes (Bartoli-Maxwell); indem diese Ionen die Erde erreichen, erzeugen sie hier die Polarlichter und die magnetischen Störungen. In der Tat ist zu bemerken, daß die Geschwindigkeit der Ionen etwa die Größenordnung erreichen kann, die man für das Sonnenagens gefunden, welches die magnetischen Störungen erzeugt.

Bigelow glaubt, daß man a priori die Magnetisierung der Sonne nicht leugnen könne wegen ihrer hohen Temperatur, da die Konstitution der Sonne sehr verschieden sei von derjenigen der Magnete, an denen das Experiment das Verschwinden des Magnetismus beim Erwärmen auf hohe Temperatur bewiesen hat, und dies ist ganz richtig. Er behauptet, daß wegen der verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten unter den verschiedenen Breiten in den die Sonne zusammensetzenden Materien Wirbel entstehen, in denen elektrische Ströme kreisen, so daß sie magnetisch polarisierte Röhren bilden, und die ganze Masse der Sonne magnetisch wird und daher fähig, auf den Erdmagnetismus zu wirken. Er nimmt auch in Teilen der Sonne eine Emission von Kathodenstrahlen und von Ionen an, die auf den Magnetismus und die Elektrizität der Erde und der Atmosphäre wirken.

Aus allen diesen Hypothesen ergibt sich, daß es an Mitteln, die Wirkung der Sonne auf den Erdmagnetismus zu erklären, nicht fehlt; es ist gleichfalls klar, daß die genannten Theorien Schwierigkeiten darbieten, welche zu ihrer Überwindung weitere Studien von seiten der Physiker und Astronomen verlangen.

Planeten.

Planetenentdeckungen im Jahre 1903. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann [1]) sind folgende kleine Planeten seit dem letzten Berichte als neu entdeckt eingereiht worden:

	Bezeichnung				Entdeckung		
(488)	Kreusa . . .	1902	Juni	26	von	Wolf	Königstuhl
(489)	JM	1902	Sept.	3	„	Carnera	
(490)	JP	1902	„	3	„	Wolf	
(491)	Carina . . .	1902	„	3	„	„	
(492)	JR	1902	„	3	„	„	
(493)	Griseldis . .	1902	„	7	„	„	
(494)	JV	1902	Okt.	7	„	„	
(495)	KG	1902	„	25	„	„	
(496)	KH	1902	„	25	„	„	
(497)	KJ	1902	Nov.	4	„	Dugan	
(498)	Tokio . . .	1902	Dez.	2	„	Charlois	Nizza
(499)	KX	1902	„	24	„	Wolf	Königstuhl
(500)	LA	1903	Jan.	16	„	„	
(501)	LB	1903	„	18	„	„	
(502)	LC	1903	„	19	„	„	
(503)	Evelyna . .	1903	„	19	„	Dugan	

1) Vierteljahrsschr. d. astron. Ges. 38. p. 35.

	Bezeichnung	Entdeckung					
(504)	LK	1902	Juni	30	„	Bailey	Harvard College
(505)	LL	1902	Aug.	21	„	Frost	
(506)	LN	1903	Febr.	17	„	Dugan	Königstuhl
(507)	Laodica . . .	1903	„	19	„	„	
(508)	LQ	1903	April	20	„	„	
(509)	LR	1903	„	28	„	Wolf	
(510)	LT	1903	Mai	20	„	Dugan	
(511)	LU	1903	„	30	„	„	
(512)	LV	1903	Juni	23	„	Wolf	
	LY	1903	Aug.	24	„	„	
	MB	1903	„	24	„	„	
	ME	1903	Sept.	20	„	„	
	MG	1903	„	20	„	Dugan	
	MO	1903	Okt.	20	„	„	
	MP	1903	„	20	„	„	

Die Hauptelemente der für diese Planeten berechneten Bahnen sind:

	☊		i		φ		a	Berechner
(488)	87°	21.0′	11°	20.3′	6°	41.4′	3.14	Berberich
(489)	167	30.4	13	25.0	3	47.3	3.15	„
(490)	179	6.3	9	21.4	4	48.4	3.18	Münch
(491)	175	54.6	18	56.8	3	42.9	3.20	Lassen
(492)	47	8.3	1	39.5	10	34.3	3.10	Hessen
(493)	358	34.6	15	25.6	9	17.9	3.13	Berberich
(494)	38	57.0	7	10.1	3	47.0	2.98	P. V. Neugebauer
(495)	186	20.9	2	14.3	8	28.4	2.48	„
(496)	206	38.0	3	37.2	4	15.5	2.18	Berberich
(497)	6	55.1	4	53.7	17	25.7	2.84	„
(498)	98	7.9	9	29.7	12	26.0	2.64	P. V. Neugebauer
(499)	256	38.0	2	0.4	13	34.5	3.92	Berberich
(500)	290	23.0	9	47.2	8	8.4	2.61	„
(501)	357	35.6	20	55.6	8	0.5	3.16	Berberich
(502)	132	37.8	25	3.6	10	20.9	2.38	Osten
(503)	69	15.9	5	3.2	10	8.1	2.73	Berberich
(504)	105	15.0	12	58.9	12	30.5	2.72	Osten
(505)	89	58.0	9	34.0	17	37.8	2.96	„
(506)	313	30.9	16	53.3	8	19.8	3.04	Berberich
(507)	295	7.9	9	33.4	5	47.8	3.16	Bauschinger
(508)	45	15.0	13	24.0	0	40.8	3.16	Berberich
(509)	218	50.9	19	26.4	13	30.5	3.05	„
(510)	203	17.0	9	29.0	11	31.3	2.63	„
(511)	108	47.2	15	49.5	11	6.8	3.16	Wegener
(512)	107	3.9	8	40.0	14	23.5	2.17	Berberich
(LY)	185	43.2	9	28.5	5	0.2	3.01	P. V. Neugebauer
(MB)	270	27.4	3	52.2	2	23.6	3.05	Berberich
(ME)	122	2.2	2	0.9	10	3.6	3.11	„
(MG)	330	29.9	13	3.9	15	54.1	2.68	Berberich
(MO)	203	51.6	6	37.8	12	42.5	2.52	„
(MP)	45	21.7	10	53.0	10	31.0	2.78	„

„Bemerkenswert unter diesen Elementen, sagt Lehmann, sind besonders diejenigen des Planeten (499), nach denen der letztere in seinem Aphel dem Jupiter außerordentlich nahe kommen kann.

Große Annäherung an Jupiter können erreichen:

(488) mit Δ_0 =	1.71	(505) mit Δ_0 =	1.64
(492)	1.79	(506)	1.82
(493)	1.95	(509)	1.76
(497)	1.74	(511)	1.68
(499)	0.61	(ME)	1.80
(501)	1.87	(MG)	1.82

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter bedeutet, in welche der Planet in seinem Aphel gelangen kann.

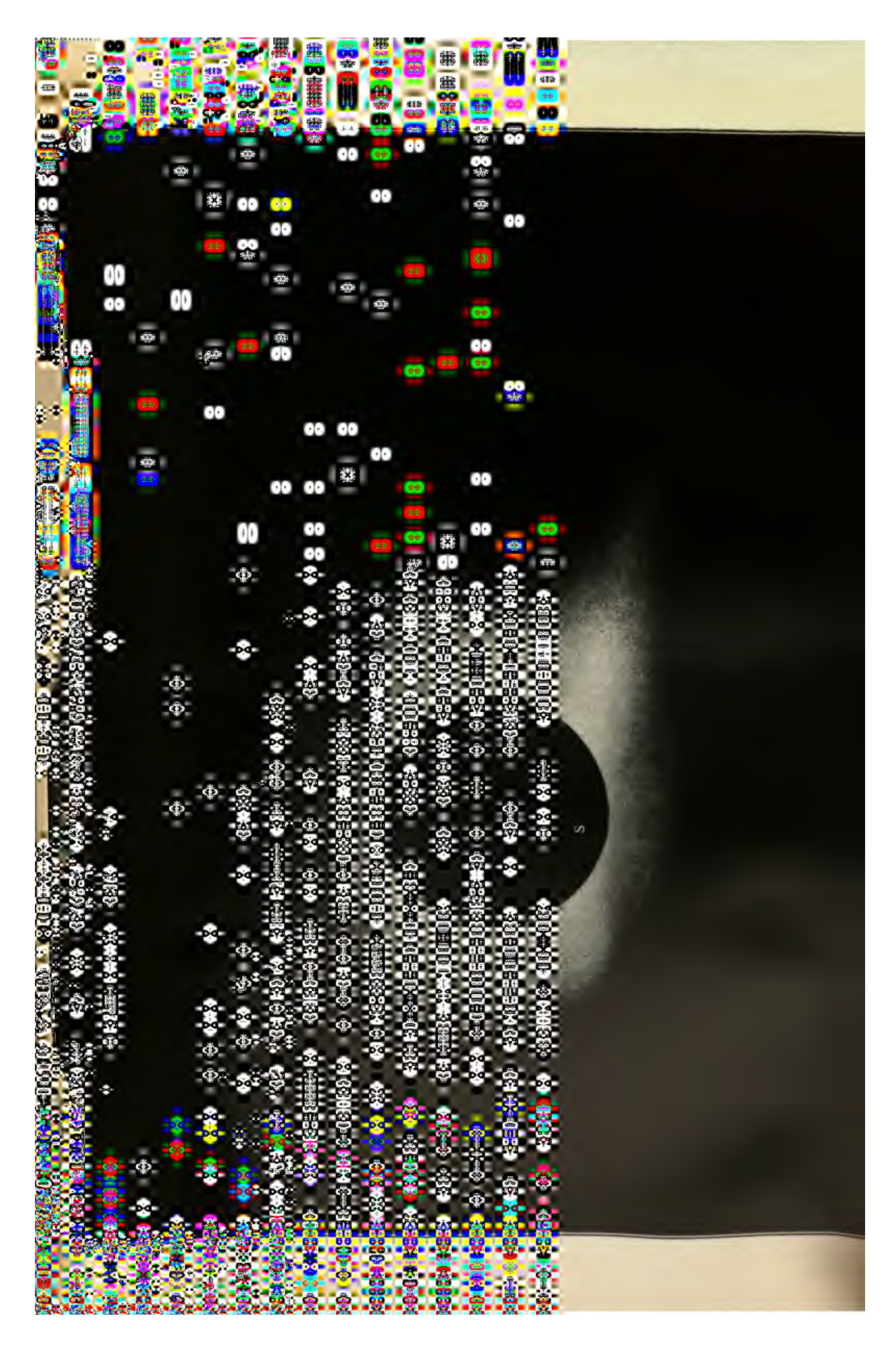
Größere Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei den Planeten:

	☊	i	φ	a
(488)	☊ = 87.3°	i = 11.3°	φ = 6.7°	a = 3.14
(259)	88.5	10.7	6.3	3.15
(469)	88.8	12.8	8.4	3.33
(491)	☊ = 175.9	i = 18.9	φ = 3.7	a = 3.20
(483)	175.6	18.7	3.0	3.43
(492)	☊ = 47.1	i = 1.7	φ = 10.6	a = 3.10
(223)	48.7	1.9	7.0	3.09
(495)	☊ = 186.3	i = 2.2	φ = 8.5	a = 2.48
(124)	188.5	2.9	4.5	2.63
(498)	☊ = 98.1	i = 9.5	φ = 12.4	a = 2.64
(410)	96.4	9.5	12.5	2.83
(503)	☊ = 69.3	i = 5.1	φ = 10.1	a = 2.73
(394)	68.2	6.3	13.2	2.77
(506)	☊ = 313.5	i = 16.9	φ = 8.3	a = 3.04
(285)	312.2	17.3	11.9	3.06
(LY)	☊ = 185.7	i = 9.5	φ = 5.0	a = 3.01
(69)	186.7	8.5	9.7	2.98
(ME)	☊ = 122.0	i = 2.0	φ = 10.1	a = 3.11
(268)	121.8	2.4	7.8	3.09
(MO)	☊ = 203.9	i = 6.6	φ = 12.7	a = 2.52
(67)	202.9	6.0	10.8	2.42

Von den 15 Planeten (475) und (481) — (494), welche seit dem letzten Berichte zum ersten Male seit der Entdeckung wieder in Opposition getreten sind, wurden nur die Planeten (482), (483), (484), (491), (492), (504) und (505) in der zweiten Erscheinung beobachtet; von ältern bisher nur in einer Opposition beobachteten und seitdem vergeblich gesuchten Planeten wurden wiedergefunden:

(470)	in der	3. Erscheinung
(406)	„ „	7. „
(399)	„ „	8. „
(383)	„ „	9. „
(327)	„ „	10. „

Die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluß der bis zum Ende des Jahres 1903 neu entdeckten, beträgt somit gegenwärtig 90.





Von den in frühern Berichten noch nicht mit Namen versehenen Planeten sind inzwischen (bis Februar 1904) die folgenden benannt worden:

(357)	Ninina	(456)	Abnoba
(360)	Carlova	(458)	Hercynia
(368)	Haidea	(462)	Eriphyla
(383)	Janina	(482)	Petrina
(395)	Delia	(483)	Seppina
(396)	Aeolia	(484)	Pittsburghia
(440)	Theodora		

Beobachtungen des Planeten Venus 1903. Vom 18. bis 25. Juli 1903 hat Percival Lowell den Planeten Venus bei jeder günstigen Gelegenheit an seinem großen Refraktor beobachtet. Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit zuverlässiger Wahrnehmungen an diesem Planeten und die Möglichkeit psychischer Illusionen hat der Beobachter alle Sorgfalt angewendet, um sich vor Selbsttäuschungen zu schützen. Man weiß, daß die Scheibe der Venus nur höchst selten matte Stellen zeigt, die sich durch Dunkelheit oder Helligkeit von dem Hintergrunde abheben, und daß es Prof. Schiaparelli nur mit Mühe gelungen ist, zu dem wahrscheinlichen Ergebnisse zu kommen, daß (wie beim Merkur) die Umdrehungsdauer der Venus um ihre Achse der Umlaufsdauer um die Sonne gleich ist. Dieses Ergebnis ist von andern, meist jedoch von Nicht-Fachastronomen, die zudem an kleinen Instrumenten ihre Wahrnehmungen machten, bestritten worden, indem sie auf Grund derselben behaupteten: Venus zeige eine Umdrehung von etwa 24 Stunden ähnlich der Erde. Dagegen hat Percival Lowell schon im Herbste 1896 Flecke auf der Venusscheibe gesehen, aus denen er auf die gleiche Rotationsdauer wie Schiaparelli schloß. Die Flecke erschienen damals lang und schmal, und Lowell hat danach eine Karte der Venusoberfläche entworfen, die auf Tafel IV des Sirius, Jahrgang 1897, wiedergegeben ist. Dort finden sich auch die Namen, welche P. Lowell den einzelnen Flecken und Streifen beigelegt hat. Im Jahre 1903 hat er nun abermals Beobachtungen der Venus bei günstigem Stande derselben unternommen, um die Frage der Rotation dieses Planeten einer neuen Prüfung zu unterziehen. Es handelt sich dabei hauptsächlich um Sicherung vor subjektiven Täuschungen, besonders solchen, welche verursachen, daß einzelne schwache Eindrücke zu einer Linie summiert werden. Dieses wird nach den Erfahrungen von Lowell völlig vermieden dadurch, daß man das Auge nicht schweifen läßt, sondern still hält. Dies ist schwieriger, als man sich vorstellt, denn das Auge hat ein natürliches Bestreben, behufs Wahrnehmung herumzuschweifen, und es ist schwer, dasselbe im Zaume zu halten.

Von den Eigentümlichkeiten, welche die Venusscheibe zeigt, gibt es nach Lowell zwei Arten. Die Einkerbungen an der Lichtgrenze und das Band um den Südpol mit den beiden Flecken darauf wie Perlen gehören zu der erstern und am meisten augenfälligen

Klasse. „An ihrem Vorhandensein“, sagt Lowell, „habe ich nie gezweifelt, und sie allein genügen, um zu zeigen, daß dieser Planet eine Rotation von 225 Tagen besitzt. Die zweite Art von Flecken ist weit schwieriger zu sehen; hierhin gehören lange Schatten, welche von der Lichtgrenze ausgehen und sich gegen den Mittelpunkt der Scheibe hin erstrecken. Diese letztern, sowohl wegen ihrer Schwäche, als wegen ihrer verdächtigen Gestalt, sind am meisten fraglich und erfordern kritische Aufmerksamkeit.

Die Beobachtungen des Jahres 1903 bestätigen das Vorhandensein mehrerer Flecke beider Gattungen, die früher, 1896 bis 1897 und 1901, von Lowell gesehen worden waren. Das Band am Südpole und die beiden Flecke Astoreth und Ashera, welche in der Venuskarte von 1897 figurieren, wurden auch dieses Mal sehr bestimmt wieder erkannt, und ähnlich zeigten sich auch die dunkeln Auszahnungen an der Lichtgrenze in den äußern Enden von Anchises regio und Hero regio. Was die andere Art von Flecken anbelangt, so war der Nachweis ihres wirklichen Vorhandenseins ein doppelter. Zunächst erschienen die Linien, welche die eigentümlichen Konfigurationen zeigen, genau wieder an der Stelle der Venusoberfläche, wo sie sich 1897 und 1901 gezeigt hatten. Dieses alles ist schon ein strenger Beweis ihrer Realität. Dann erschienen sie aber auch zuzeiten mit einer solchen Deutlichkeit und Bestimmtheit, daß jeder Verdacht, es könne sich um eine optische Illusion handeln, fortfallen mußte. Am 27. Mai fand Lowell, als er das Fernrohr von Venus auf Mars richtete, die Details auf der Scheibe des letztern nicht so scharf als die der Venus, doch stand Mars tiefer als letztere. Lowell fand dieses Mal auch wieder bestätigt, was er schon 1896 bis 1897 erfahren hatte, nämlich: daß die Flecke um so leichter sichtbar sind, je mehr die Venusscheibe voll belichtet erscheint. Diese Eigentümlichkeit war unabhängig von der Höhe des Planeten über dem Horizonte, sie hängt also nicht von den irdischen Luftzuständen, sondern von der mehr oder weniger senkrechten Beleuchtung der Venusoberfläche durch die Sonne ab; je senkrechter die Sonnenstrahlen auffallen, um so besser werden diese Streifen sichtbar. Dies ist augenscheinlich der Grund, weshalb gewisse Streifen unsichtbar werden, wenn sie von dem Mittelpunkte der Scheibe fortrücken und andere in Sicht treten, wenn sie sich diesem Teile derselben nähern. Mit Rücksicht auf diesen Umstand ist es unabweisbar, bei Zeichnungen nur solche untereinander zu vergleichen, welche nahe bei gleicher Phase aufgenommen wurden. Geschieht dieses, so findet man vollständige Übereinstimmung der Zeichnungen der Venusoberfläche, welche Schiaparelli 1877 Dezbr. 9., 14., 21., 1895 Juli 5. und 30. angefertigt hat, mit derjenigen, die Lowell 1903 Juni 23., $12^h\ 5^m$ M. Z. erhielt.

Eine neue Bestimmung der Richtung der Rotationsachse des Mars hat P. Lowell ausgeführt. Es gibt bekanntlich zwei Methoden,

um die Lage der Rotationsachse des Mars im Raume zu bestimmen; die eine besteht darin, die Veränderung in der Position der Flecke auf der Marsscheibe bei der Umdrehung des Planeten festzustellen, die andere ist indirekt durch Berechnung aus der Präzession der Knoten- und Apsidenlinie der Bahnebenen seiner beiden Monde. Schiaparelli hat erstere Methode mit Erfolg angewandt, Struve in seiner trefflichen Abhandlung die letztere. Die Ergebnisse beider Untersuchungen stehen jedoch nicht in besonders guter Übereinstimmung, und Lowell hat deshalb eine neue Bestimmung unternommen. Er benutzte dabei die Methode der direkten Beobachtung der Flecke auf der Marsscheibe, wobei besonders der nördliche Polarfleck, der sehr nahe beim nördlichen Umdrehungspole des Mars liegt, vortreffliche Dienste leistete. Ganz besonders war die Opposition des Mars in den Jahren 1901 und 1903 für eine solche Untersuchung günstig, denn der nördliche Polarfleck war damals nahe am kleinsten und auch sonst für die Beobachtungen günstig gelegen. Die Berechnung der Beobachtungen Lowells während der beiden Oppositionen ergab diesem folgende definitiven Mittelwerte:

Projektion des Nordpoles des Mars auf die Himmelskugel (für 1903), Rektaszension 315° 32′, Dekl. + 54° 51′. Durchschnitt des Marsäquators mit der Marsbahn: Rektaszension 85° 56′ Dekl. + 24° 32′. Neigung des Marsäquators gegen die Marsbahn 22° 55′. Diese Ergebnisse stimmen mit den von Schiaparelli 1882, 1884 und 1886 erhaltenen befriedigend überein, während die Struveschen merklich von beiden abweichen.

Barnards Beobachtungen über die südliche Polarzone des Mars. In den Jahren 1892 und 1894 hat Prof. E. E. Barnard am 36-zölligen und ebenso am 12-zölligen Refraktor der Lickstenwarte die südliche Polarkappe des Mars, die uns bei den großen Annäherungen des Mars zur Zeit von dessen Opposition sehr günstig zu Gesicht kommt, genauer beobachtet. „Obgleich, sagt dieser berühmte Beobachter in dem Berichte über diese Untersuchungen,[1]) die allgemeinen Details der Marsoberfläche unrichtig wiedergegeben (misrepresented) seien, und obgleich die meisten Kanäle, einfache wie doppelte, nur Illusionen sein mögen, so sind die beiden Polarkalotten doch dieser allgemeinen Flut von Unsicherheit und Mißdarstellung entgangen. Sie bürgen für ihr Aussehen, mag ihre Beschaffenheit sein, welche sie wolle. Die südliche Polarkalotte hat seit den ersten teleskopischen Beobachtungen derselben Veränderungen ihrer Ausdehnung gezeigt, welche schon früh auf die Vermutung führten, daß diese durch Anhäufung von Schnee im Winter und durch Schmelzung desselben im Sommer der südlichen Marshemisphäre entstehen. Der Verlauf dieser Änderungen in der Größe der Polarzone ist bisher aber wohl nur an

[1]) Astrophysical Journ. 17. p. 249.

Zeichnungen studiert worden, die bloß nach dem Augenmaße entworfen waren, und Prof. Barnard beschloß deshalb, die Ausdehnung des südlichen Polarfleckes durch Messungen mittels des Mikrometers festzulegen. Diese Aufgabe hat er während der Oppositionen des Mars in den Jahren 1892 und 1894 an dem großen Instrumente der Lickstemwarte durchgeführt und auch eine Reihe von Zeichnungen des Aussehens des Planeten erhalten, die er aber bisher noch nicht veröffentlichte. Die Messungen begannen am 12-zölligen Refraktor im Jahre 1892 am 3. Juli, 102 Tage vor dem Sommeranfange auf der südlichen Marshemisphäre, und wurden fortgesetzt bis zum 6. November, 24 Tage nach dem Sommeranfange für die erwähnte Halbkugel des Mars. Im Jahre 1894 wurde der 36-zöllige Refraktor benutzt, und die Messungen begannen am 21. Mai (103 Tage vor dem Sommeranfange der südlichen Marshalbkugel) und endigten am 11. November (71 Tage nach dem Sommersolstitium der Südhemisphäre des Planeten). Die Untersuchung ergab, daß die Abnahme der Ausdehnung des weißen Polarfleckes in beiden Jahren völlig übereinstimmend erfolgte, und ferner, daß die Abnahme über den Tag des Sommeranfanges hinaus noch fortdauerte, also über die Zeit der größten Erwärmung durch die Sonne. Dies entspricht durchaus den Verhältnissen auf der Erde, wo die höchste Lufttemperatur erst einige Zeit nach der stärksten Sonnenbestrahlung eintritt, und spricht sehr für das Vorhandensein einer Atmosphäre auf dem Mars. Dieselbe scheint zwar sehr viel weniger dicht zu sein als unsere irdische Lufthülle, allein sie ist dennoch hinreichend, um die Erscheinungen der Kondensation und Verdunstung der Feuchtigkeit herbeizuführen und ebenso, wenngleich selten, Wolkenbildungen zu erzeugen.“

Es wäre von Interesse, auch die Zunahme der südlichen Schneekappe beim Herannahen des Winters beobachtend zu verfolgen, allein dies scheint nach Lage der Verhältnisse unmöglich. Obgleich Mars im Jahre 1894 sorgfältig beobachtet wurde, so war doch nach dem 19. November keine Spur der südlichen weißen Kalotte zu sehen, sie schien völlig verschwunden zu sein. Bei verschiedenen Gelegenheiten war ein Teil der Grenze des weißen Polarfleckes von einem verdunkelnden Medium bedeckt, welches zu andern Zeiten verschwunden war, und das man mit guten Gründen für wolkenartiger Natur halten kann. Im Mai 1894 bedeckte der Polarfleck eine Fläche von etwa 950 000 *qkm*, aber Ende November war derselbe völlig verschwunden, anscheinend weggeschmolzen. Die rasche Abnahme des Fleckes scheint anzudeuten, daß, wenn er aus Schnee besteht, dieser nicht in dichten Schichten aufliegen kann, sondern nur als dünner Überzug besteht. Schnee, der auf der Erde nicht selten bis in mittlere Breitengrade hinab sich ausdehnt und dann in wenigen Tagen schmilzt, würde von der Venus aus gesehen eine ähnliche rasche Veränderung in der Ausdehnung der irdischen Polarzonen hervorrufen.

Die äußere Begrenzung der Polarkappe des Mars erschien oft unregelmäßig. Häufig konnte Prof. Barnard auf der Oberfläche derselben hellere Flecke, breite helle Linien und wechselnde dunkle Flecke erkennen. Ein großer, zeitweise dunkler Fleck war nahe in der Mitte der Polarkappe sowohl 1892 als 1894 sichtbar, um die Zeit, wo die Ausdehnung der weißen Kappe am größten erschien, er schien zu verschwinden wenn letztere abnahm. Einmal zeigte sich dieser zentrale Fleck von rötlicher Farbe, ähnlich derjenigen der sonstigen Oberfläche des Mars, und zu verschiedenen Malen erschien die Kappe deutlich doppelt. Die merkwürdigste Erscheinung aber war das Auftreten einer spitzigen Hervorragung am Rande der weißen Kalotte, und zwar an der nämlichen Stelle 1892 und 1894. Diese Hervorragung blieb als heller Punkt bestehen, nachdem die weiße Kalotte schon merklich zusammengeschmolzen war, und offenbar wird sie durch irgend eine Eigentümlichkeit der Oberfläche des Mars an jener Stelle verursacht. Man kann vermuten, daß sich daselbst eine große Bergkette befindet, auf deren Gipfel der Schnee noch liegen bleibt, wenn er ringsherum am Fuße schon geschmolzen ist. Auf solche Weise enthüllt uns wahrscheinlich die Schneeschmelze auf dem Mars das Vorhandensein dortiger Gebirge, die für uns sonst unwahrnehmbar bleiben würden. Bei Durchsicht der ältern Marsbeobachtungen fand Prof. Barnard, daß schon 1845 Mitchel in Cincinnati (mit einem 10½-zölligen Refraktor) diese weiße Hervorragung an der nämlichen Stelle des Mars gesehen hat, und zweifellos erscheint sie in jedem Marsjahre wieder, sobald die Schneekappe sich genügend zusammengezogen hat. Ihre Sichtbarkeit beginnt etwa 60 Tage vor dem Sommeranfange der südlichen Marshemisphäre und durchläuft ihre Veränderungen während des Zeitraumes von etwa einem Monate. Prof. Barnard macht auch darauf aufmerksam, daß schon N. E. Green bei seinen Marsbeobachtungen auf Madeira im Jahre 1877 jene weiße Spitze gesehen und einer Bergkette auf dem Mars zugeschrieben hat. Green gab einem der hellen Flecke den Namen Mitchelberg.

Im Jahre 1895 war die nördliche Polarzone am 6. Mai deutlich und bestimmt zu sehen, spurweise glaubte Prof. Barnard sie schon mehrere Monate früher erkannt zu haben. So bemerkte er am 23. Dezember 1894 einen starken bläulichen Glanz am Nordrande der Marsscheibe, und dieser wurde später wiederholt notiert, bis endlich die deutliche Spur der weißen Zone am Rande sichtbar wurde. Um einige Eigentümlichkeiten, welche die südliche Polarzone darbietet, vorzuführen, hat Prof. Barnard acht Zeichnungen aus den Jahren 1892 und 1894 ausgewählt und reproduziert, aber ohne die Details der umgebenden dunkeln Teile des Planeten. Die Zeichnungen von 1892 sind am 12-zölligen, diejenigen von 1894 am 36-zölligen Refraktor erhalten worden. Prof. Barnard bemerkt noch, daß während jener Opposition bei günstigen Luftverhältnissen die Details auf der Marsscheibe so zahlreich und kompliziert waren, besonders in

den dunkeln Regionen des Planeten, daß es unmöglich wurde, sie genau zu zeichnen. Von dem Netzwerke der feinen Kanäle, welches andere und minder erfahrene Beobachter schon mit 6-zölligen Fernrohren gesehen haben wollen, hat Barnard am großen Lickrefraktor nichts wahrgenommen.

Marsbeobachtungen während der Opposition von 1903 hat T.-E.-R. Phillips zu Croydon (England) an einem 9-zölligen Silberspiegelteleskop bei 217- und 450-facher Vergrößerung angestellt. [1]) Infolge der günstigen Witterung konnte sehr gut beobachtet werden, obgleich die Marsscheibe im Maximum nur 14.6″ Durchmesser zeigte. Das Zentrum der Scheibe hatte bei der Opposition 22.6° nördl. Br. auf dem Mars, gegen Mitte Mai 25°. Im ganzen wurde von Februar bis Ende Mai vom Beobachter 66 mal die Marsscheibe untersucht. Er fand die großen Flecken gut begrenzt, manchmal von hellen Regionen umgeben; sie waren nicht gleichförmig im Ton, sondern mit hellen und dunkeln Flecken besät. Mehrere Kanäle wurden gut gesehen, und der Beobachter zweifelt durchaus nicht an ihrer reellen Existenz, meint aber, bei genauer Betrachtung aus größerer Nähe würden sie merklich weniger regelmäßig (geradlinig) erscheinen. Die Versuche von Maunder [2]) und Evans beweisen nach ihm nur, daß wahrscheinlich einige dieser Kanäle optische Illusionen sind. Die Kanäle sind nach Phillips im einzelnen aber wahrscheinlich Gebilde von verschiedenartiger Beschaffenheit. Gesehen hat er deutlich u. a. die Kanäle: Callirhoe, Casius (hatte nicht das Aussehen eines Kanals), Cephissos, Ceraunius, Cerberus (doppelt und geradlinig, so wiederholt und unter den günstigsten Verhältnissen), Chaos, Choaspes, Chrysorrhoas, Cyclops (breit und leicht sichtbar), Deuteronilus, Erebus (sehr deutlich), Euphrates, Ganges, Gigas, Hades, Hyblaeus, Indus, Iris (als schmale Verlängerung von Ceraunius), Jamuna, Laestrygon, Magnes, Marsyas, Nepenthes (kurz, zeigt eine Anschwellung beim Durchschneiden von Lacus Moeris) Nilokeras (scharf im Norden, verwaschen im Süden, bei frühern Beobachtungen war er anormaler Weise doppelt erschienen), Nilosyrtis, Phison (schien die ziemlich scharfe Begrenzung des orangefarbenen Tones der Scheibe zu sein), Pierius, Protonilus (sehr dunkel und sehr leicht sichtbar; erschien am 12. Mai in einem 12½-zölligen Reflektor doppelt und ebenso am 14. Mai im 9-Zoller des Beobachters), Periphlegethon (breit und diffus), Thoth (schöne gerade Linie). Am 10. und 11. März, sowie am 17. April erschien ein neuer Kanal von Nilosyrtis (Länge 282°, Breite + 38°) gegen die kleine Syrte hin ziehend. Er wurde später nicht wieder gesehen, obgleich am 19. April Thoth sehr gut sichtbar

---

[1]) Monthly Notices. **64**. p. 39.
[2]) Dieses Jahrbuch. **14**. p. 33.

war. Die bekannten dunkeln Flecke oder Seen wurden ebenfalls gesehen, ein neuer dunkler Fleck, groß und schlecht begrenzt, bei der Vereinigung von Erebus und Titan (Länge 158°, Breite + 35°), sowie ein anderer großer dunkler Fleck in 277° Länge und + 66° Breite, der möglicherweise neu ist.

Was die nördliche Polargegend anbelangt, so erschienen die Regionen von + 70° Breite bis gegen den Pol hin im allgemeinen viel heller als das Zentrum der Scheibe und wurden gewöhnlich von einem dunkeln Saume begrenzt. Die Polarkalotte erschien am hellsten im Februar, anfangs März aber dunstig. Der Beobachter besteht nachdrücklich auf der Richtigkeit der Schiaparellischen Marsdarstellungen seit 1877.

Die Kanäle Thoth und Amenthes auf dem Mars sind von P. Lowell bezüglich ihrer Sichtbarkeitsverhältnisse untersucht worden.[1]) Die Erscheinung, um die es sich handelt, ist zuerst von Schiaparelli konstatiert worden; ein augenfälliger Vorgang dieser Art ereignete sich aber jüngst bei der Marsopposition von 1903, und Lowell bezeichnet ihn als Überwinterung (hibernation) eines Kanales während einer längern oder kürzern Zeit des Jahres, wofür man vielleicht besser Alternierung eines Kanales sagen könnte. Was die Beobachtung in dieser Beziehung ergeben hat, ist jedenfalls seltsam. Während einer Anzahl nacheinander folgender Oppositionen wird nämlich ein gewisser Kanal in einer bestimmten Marsregion deutlich und unzweifelhaft gesehen und stets wieder aufgefunden, aber bei einer folgenden günstigen Gelegenheit nicht mehr gesehen und bleibt mehrere Marsjahre hindurch unsichtbar, bis er plötzlich wieder in der alten Gestalt und Deutlichkeit da ist. Für dieses Verschwinden kann aber weder das Abbleichen der betreffenden Marsgegend, noch irgend ein anderer plausibler Grund angeführt werden, sondern der Kanal ist einfach verschwunden und kommt ebenso wieder zurück, scheinbar ohne Regel und Recht. Dieses Versteckenspiel steht auch völlig außer Beziehung zu der jahreszeitlichen Sichtbarkeit, welcher alle Marskanäle unterworfen sind, und deren spezielles Verhalten Lowell jüngst aufgedeckt hat. In den Sichtbarkeitswandlungen der hier ins Auge gefaßten Kanäle ist durchaus keine jahreszeitliche Periode nachweisbar, sondern eine solche von längerer Dauer. Rings um diese Kanäle vollzieht sich der jahreszeitliche Wandel der andern, sie selbst aber bleiben ausgeschlossen und verschwunden. Dieses sonderbare Verhalten hat schon Schiaparelli als eine nicht zu bezweifelnde Tatsache erkannt, obgleich es sehr schwierig zu erkennen und unbegreiflich erscheint. Bei der letzten Opposition des Mars aber ereignete sich ein Vorgang dieser Art, der infolge seiner Deutlichkeit und des

[1]) Lowell Observatory Bull. Nr. 8.

langen Zeitraumes, über den sich die Beobachtungen Lowells erstrecken konnten, diesem, seiner Überzeugung nach, den Schlüssel zur Lösung in die Hand gegeben hat.

Die Tatsachen sind folgende. Unter den ersten Kanälen, die Schiaparelli 1877 entdeckte, befinden sich drei, welche eine dreischenkelige Figur bilden; sie liegen östlich von der großen Syrte (Syrtis major) und erhielten von Schiaparelli die Namen Thoth, Triton und Nepenthes. Ausgehend von einem Punkte des Sinus Alcyonius, der jetzt den Namen Aquae Calidae trägt, zieht sich der Thoth südwärts und gegen Westen, bis er in 267° Länge und 15° nördl. Breite den Triton schneidet, der aus der Syrtis minor kommt und ebenfalls sich westwärts hin fortsetzt. In der gleichen Weise verhält sich Nepenthes. Auf dessen Wege liegt ein dunkler Fleck, der den Namen Lacus Moeris erhalten hat. Einige dieser Oberflächenteile sind leichter zu sehen als andere, der deutlichste von allen ist der Lacus Tritonis, ein dunkler Fleck im Schnittpunkte der drei Kanäle; aber daß keiner dieser Kanäle und Flecke sehr schwierig zu erkennen ist, ergibt sich daraus, daß diese Kanäle schon in den frühesten Beobachtungen Schiaparellis erwähnt werden. Er entdeckte den südlichsten zuerst, Thoth wurde erst im März 1878 gesehen, als die Länge der Sonne für den Mars 7° über den Frühlingspunkt hinaus betrug (dem 27. März bei uns entsprechend). Damals müssen diese Kanäle zu den deutlichsten überhaupt sichtbaren gehört haben, denn Schiaparelli sah bei jener Opposition weder den Phison, noch den Euphrates, die doch relativ leichte Objekte sind. Ungefähr den nämlichen Anblick boten die drei Kanäle, als Schiaparelli sie bei der Opposition des Mars 1879 beobachtete. Die einzige wichtige Veränderung bestand darin, daß die Syrtis major sich westwärts bis zu Nepenthes hin ausgedehnt hatte. Lacus Moeris war noch vorhanden, während Triton sich wie früher von der Spitze der Syrtis minor gegen Hesperia hin erstreckte, und zwar gegen die Bucht auf der östlichen Seite der Halbinsel. Bei der nächsten Opposition des Mars zeigte sich eine bemerkenswerte Veränderung, deren volle Bedeutung damals nicht erkannt wurde. Schiaparelli sah an dem Orte, wo Thoth sich befunden, zwei Linien, die er für eine Verdopplung dieses Kanales hielt, und von denen eine dem alten Verlaufe des Thoth folgte, während die andere geradenwegs von Sinus Alcyonius zur Syrtis minor lief oder genauer zum Vereinigungspunkte von Triton und Lethes. Diese Linie war nicht der alte Thoth, sondern etwas Unerwartetes von größerer Wichtigkeit. Die Zeiten des Erscheinens von Thoth waren: 1881 November (Sonnenlänge auf dem Mars 351° vom Frühlingspunkte), im Dezember (Sonnenlänge 6°), und darauffolgend 1882 Januar 29 (Sonnenlänge 27°), Februar 6 (Sonnenlänge 31°) und März 10, 11 (Sonnenlänge 45° und 46°). Am 3. Februar 1882 (Sonnenlänge auf dem Mars 30°) erschien der Kanal Schiaparelli doppelt wie oben angeführt wurde.

Im Jahre 1884 erschien Thoth in Wirklichkeit doppelt, und die westliche Linie war nach Schiaparelli beträchtlich stärker als die andere. Daß kein Arm weiter als bis zur Vereinigung mit Nepenthes sich erstreckte, beweist, daß wirklich der Thoth gesehen wurde. Im Jahre 1886 war Thoth sichtbar vom Februar bis Mai (Sonnenlänge auf dem Mars 68° bis 117°) als verwaschener Streifen; 1888 zeigte er sich April 29 (S. L. 126°), Mai 8 (S. L. 131°), Juni 2 bis 13 (S. L. 146°), Juli 21 (S. L. 169°). Im April war er verwaschen, im Juni doppelt, anfangs zweifelhaft, später, am 12. und 13. Juni bestimmt.

„Hier haben wir demnach, sagt Lowell, ein System von Kanälen und Flecken, welche sechs Marsjahre hindurch dauernde und im wesentlichen unveränderliche Bildungen der Marsoberfläche darstellten. Man mag sich daher mein Erstaunen ausmalen, als ich am Beginne meiner Beobachtungen 1894 keine Spur dieses ganzen Komplexes wahrzunehmen vermochte. Weder von Thoth, noch von Triton, noch von Nepenthes oder dem Lacus Moeris war eine Spur zu sehen, dennoch aber bewiesen die Sichtbarkeitsverhältnisse der übrigen Marskanäle, daß ich die Marsscheibe wohl so deutlich sah, als sie von Schiaparelli gesehen worden ist. Denn nicht nur waren tatsächlich alle sonstigen Kanäle, die dieser Astronom wahrgenommen, vorhanden, sondern auch noch schwächere. Und das nämliche galt von den dunkeln Flecken, von denen eine Anzahl solcher, die Schiaparelli nie gesehen, über der Marsscheibe zerstreut waren. Statt des Thoth zeigte sich ein anderer Kanal in gerader Erstreckung über die Scheibe von Syrtis minor bis Aquae Calidae. Dieser Kanal war so unzweifelhaft vorhanden, wie Schiaparelli den Thoth früher wahrgenommen; er war unter den ersten, die gesehen wurden, und blieb mit unverminderter Deutlichkeit bis zum Ende der Beobachtungen sichtbar. Die Daten für seine Wahrnehmung sind: Juli 10 (S. L. 240°), August 14 (S. L. 262°) und Oktober 21 (S. L. 304°). Ich bezeichne ihn als Amenthes, indem ich ihn mit dem von Schiaparelli in der Karte seiner Beobachtungen von 1877 bis 1878 so genannten Kanal identifiziere. Übrigens erwähnt er ihn im Texte zu seinen Karten nicht, denn er sah ihn nur 1881 und 1882 und hielt ihn dann für den Thoth. Ungeachtet dessen war er 1894 der augenfälligste der Kanäle in jener Marsgegend. Die Unsichtbarkeit des Thoth dauerte nach meinen Beobachtungen während der folgenden Opposition des Mars 1896 bis 1897 und 1901 fort; 1898 bis 1899 war ich durch Krankheit verhindert zu beobachten. Ich zeichnete den Kanal 1896 am Juli 28 (S. L. 279°), August 26 (S. L. 297°), September 2 (S. L. 301°), Oktober 5 bis 9 (S. L. 321°) als einfach; 1897 Januar 12 bis 19 (S .L. 13°), Februar 21 (S. L. 30°) und März 1 (S. L. 34°) auch noch als einzeln, aber im Januar war er anscheinend im Begriffe, sich zu verdoppeln, und im Februar war er wirklich doppelt. Im Laufe dieser Oppositionen haben einige andere Beobachter den Thoth wahrgenommen und ebenso den Lacus Moeris, ich selbst habe sie

trotz aller Mühe nicht gesehen und kam zu dem Ergebnisse, daß Thoth und Amenthes ein und derselbe Kanal seien, und deren Verschiedenheit nur im Irrtume der Zeichnung zu suchen wäre. Der Amenthes erschien mir während der ganzen Zeit als die augenfälligste Linie oder richtiger als Linienpaar, denn er war 1901 meistenteils doppelt. In der Opposition von 1903 zeigte sich Amenthes anfangs als verwaschener, schmaler Doppelkanal, am 16. Februar vermutet, wurde er vom 18. bis 23. bestimmt gesehen. Von Thoth geschieht dagegen keinerlei Erwähnung, weder in den Beschreibungen, noch auf den Zeichnungen. Als die in Rede stehende Marsregion im März wieder sichtbar wurde, war Amenthes wieder da, aber schwächer als im Februar. Der Kanal war am Verschwinden, wie eine spezielle Bemerkung im Beobachtungsjournal hervorhebt, von Thoth dagegen keine Spur zu sehen. Die Beobachtungen geschahen in der Zeit vom 18. bis 23. Februar (S. L. 87°) und vom 19. bis 28. März (S. L. 106°). Mit dem Monate April zeigte sich eine neue Ordnung der Dinge. Als die betreffende Marsregion am 16. zuerst wieder sichtbar wurde, war Amenthes noch zu sehen und allein; aber am 19. als diese Gegend näher auf der Mitte der Scheibe stand, war ihm längsseitig Thoth ebenfalls sichtbar. Am 20. April (S. L. 114°) zeigte sich Thoth allein, genau so, wie ihn Schiaparelli gezeichnet hatte, begleitet von Triton und dem gekrümmten Nepenthes. Es war wie eine Offenbarung. „Was ich", fährt Lowell fort, „vorher nur geistig in den Zeichnungen anderer gesehen, stand mir offen vor meinen Augen, und Amenthes, an den ich solange gewöhnt gewesen, war verschwunden, nur ab und zu konnte eine Spur von ihm gesichtet werden. Die ganze Metarmophose machte mich so stutzig, daß ich anfangs meinen Augen nicht traute, aber es blieb kein Zweifel, der Amenthes war verschwunden, und Thoth statt seine rsichtbar geworden. So fuhr er fort zu erscheinen bis zum 30. April, und auch Lacus Tritonis war deutlich zu unterscheiden. Bei der nächsten Sichtbarkeit dieser Gegend, vom 26. Mai bis 8. Juni (S. L. 133°), wiederholte sich die Erscheinung mit zunehmender Deutlichkeit, und plötzlich am 29. Mai sah Lowell auch den längst aufgegebenen Lacus Moeris. Er war es unbestreitbar, und seine Deutlichkeit nicht das am wenigsten Auffallende dieses Phänomens". So oft hatte Lowell vergeblich danach gesucht, jetzt stand er plötzlich vor seinen Augen, ungesucht, als kleiner runder Fleck wie jede andere „Oase", mittels des Nepenthes wie eine Perle am Ohr der Syrtis minor hängend. Denn die Lybiabai zeigte eine dunkle Hervorragung von der Art der hoch oben an der östlichen Syrte, von welcher Nepenthes, genau wie Schiaparelli ihn gezeichnet, in gekrümmter Linie zu dem Punkte zog, wo Thoth und Triton zusammentreffen. Alle drei Kanäle erschienen doppelt, die Doppellinien etwa 3° der Marskugel voneinander entfernt. Nun ereignete sich der letzte Akt des Dramas. Im Juli erschien der Kanal Amenthes wieder, Seite an Seite mit Thoth-Triton, auch war er in der Zwischen-

zeit (Juni, Juli) stärker geworden, während Thoth-Triton abgenommen hatte. Die Linie war im Begriff, in den frühern Status zurückzusinken. „Wären", sagt Lowell, „diese drei Erscheinungen nicht beobachtet worden, und wäre die kurze Sichtbarkeit des Thoth-Triton unbeachtet geblieben, so würde damit das Verständnis dieser Vorgänge nicht möglich sein." Zunächst findet Lowell die von ihm schon lange gewonnene Überzeugung bestätigt, daß, wenn eine augenfällige Diskordanz in den Darstellungen des Verlaufes eines Kanales besteht, dies gewöhnlich nicht auf einem Irrtum oder einer Veränderung beruht, sondern auf unrichtiger Identifizierung; der Kanal hat weder seinen Ort verändert, noch der Beobachter sich geirrt, vielmehr ist das eine Mal ein bestimmter Kanal sichtbar gewesen, das andere Mal ein anderer. So war es auch im obigen Falle, und unter diesem Gesichtspunkte werden die ältern wie die neuern Wahrnehmungen übereinstimmend. Die genauere Untersuchung der Aufzeichnungen über die Sichtbarkeitsverhältnisse der beiden Kanäle zusammen mit ihrem Verhalten in bezug auf den jahreszeitlichen Charakter der Region, in der sie sich befinden, enthüllt weiter eine merkwürdige Beziehung zwischen beiden. Die Jahreszeit (wie sie in den Sonnenlängen für Mars sich ausspricht) ist entscheidend für die Vorgänge während des Marsjahres überhaupt. Gemäß diesem geordnet, läßt das sukzessive Aussehen eine saisonmäßige Änderung bei jedem der beiden Kanäle erkennen, überdies aber noch eine andere von säkularem Charakter, d. h. von langer Periode. Diese letztere Veränderung ist es eben, welche verursacht, daß die beiden Kanäle in ihrer Sichtbarkeit alternieren; ist der eine vorhanden, so fehlt der andere und umgekehrt. Nur zwei scheinbare Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel ereigneten sich. Die eine trat 1881 ein, wurde aber nicht erkannt als solche, und es fehlte an Daten zu ihrer Erklärung; die zweite ereignete sich 1903, bezüglich ihr liegen Beobachtungsdetails vor, und diese werfen ein helles Licht auf den ganzen Gegenstand. Aus der großen Zahl von Zeichnungen des Mars während der Opposition von 1903 hat Lowell Kurven der Sichtbarkeit für 85 Kanäle abgeleitet, welche die Zeit angeben, zu welcher jeder derselben im Minimum seiner Sichtbarkeit sich befand. Werden diese Angaben über das Verhalten der Kanäle nach deren Abstand von der nördlichen Schneezone auf dem Mars geordnet, so findet sich für jenes Minimum ein stetig späteres Datum, je weiter man sich von dem Pole gegen den Äquator hin entfernt. Von dieser allgemeinen Regel machten Thoth, Triton, Nepenthes und Amenthes eine augenfällige Ausnahme. Die Breite, unter der auf dem Mars der Kanal Thoth liegt, ist 21° nördl., bei Amenthes ist sie 15° nördl. Nun sollte nach obiger Regel von 21 bis 15° mittlerer nördl. Breite auf dem Mars das Minimum der Sichtbarkeit 42 Tage nach dem Sommersolstitium eintreten. Für Thoth aber ergaben sich dafür nur 25, für Amenthes 68 Tage, beide erschienen also außer der Regel, Thoth-

Triton zu früh, Amenthes zu spät, während der Mittelwert aus beiden Angaben genau dem Datum für jene nördliche Breite entspricht. Weiter ergab die Prüfung durch Lowell, daß zuerst Amenthes allein gesehen war, und zwar im Stadium der Abnahme, dann als letztere fortschritt, wurde Thoth zunehmend sichtbar, und als dieser endlich wieder abnahm, begann Amenthes zuzunehmen. Diese Tatsachen führen zu bedeutungsvollen Schlüssen. Da wir gegenwärtig wissen, daß Wasser in flüssiger Gestalt in großen Meeresbecken auf dem Mars nicht vorhanden ist und verhältnismäßig wenig auch in fester Form, so können wir die lokalen Veränderungen von Jahr zu Jahr nicht erklären. Auch lassen sich die oben angegebenen Änderungen durchaus nicht durch etwaige Überschwemmungen deuten, denn wenn durch solche auch ein neuer Kanal gefüllt uns dadurch sichtbar würde, so würde deshalb der andere nicht verschwinden, auch können rein meteorologische Verhältnisse keine Erklärung liefern, welche die alternierende Sichtbarkeit der beiden Kanäle verständlich macht. Lowell kommt daher zu dem Schlusse, daß die abwechselnde Ab- und Zunahme der beiden Kanäle überhaupt aus natürlichen Ursachen nicht zu erklären ist, sondern nur durch künstliche Veranstaltungen seitens der Marsbewohner. Diese haben nach seiner Überzeugung Vorrichtungen getroffen, um die relativ geringe Wassermenge, welche ihnen zu Gebote steht, möglichst auszunutzen, so daß, wenn ein Distrikt bewässert ist, die kostbare Flüssigkeit einem benachbarten zugeführt wird, um auch diesen zu befruchten, und wieder umgekehrt.

Veränderungen im Mare Erythraeum hat Percival Lowell im Frühjahre und Sommer 1903 entdeckt und beobachtend verfolgt. Es handelt sich um einen sehr entschiedenen Farbenwechsel. Die Farbe der großen dunkeln Flecke auf der Marsscheibe ist gewöhnlich deutlich blaugrün, und diese Färbung wird dunkler oder heller je nach der Jahreszeit, und in den südlichen Polargegenden nimmt sie im Herbste derselben einen ockerfarbigen Ton an. An diese Färbung gewöhnt, war P. Lowell überrascht, am 19. April 1903 das ganze Mare Erythraeum bis zum Süden von Syrtis von schokoladebrauner Färbung zu erblicken, während Syrtis selbst wie gewöhnlich aussah. Der Unterschied der Färbung war höchst auffallend und durchaus nicht zu übersehen; es war, als wenn eine Decke über diese ganze Region gezogen wäre von der Spitze der Lybia im Osten bis zur Mitte von Aeria im Westen. Bei der letzten Beobachtung dieser Region unter ähnlichen günstigen Verhältnissen, am 22. März, war keine besondere Eigentümlichkeit ihrer Färbung wahrnehmbar gewesen. Am 20. April war die schokoladebraune Färbung über dem Mare Erythraeum abermals deutlich und wurde noch wahrgenommen, als der Meridian von 310° auf der Mitte der Marsscheibe stand; am 21. und 22. April zeigte sich das gleiche, als der Meridian der Mitte der Scheibe

248° war. Als dieselbe Gegend aber am 26. Mai wiederum zu Gesicht kam, hatte sie ihre braune Färbung verloren, außer im südlichen Teile in der Umgebung von Hellas. Auch in den folgenden Tagen wurde das Fehlen der Färbung konstatiert bis zum 30. Mai, an dem die Aufzeichnungen schließen. Beim nächsten Sichtbarwerden dieser Region, vom 30. Juni bis 7. Juli, konnte auch keine Spur der Färbung gesehen werden. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die schokoladebraune Färbung des Mare Erythraeum zwischen Syrtis major und Hellas im Norden und Süden und Syrtis minor bis Deucalionis regio im Osten und Westen während des Monates März 1903 nicht so merklich hervortrat, daß sie beachtet wurde; daß sie dagegen augenfällig war im April, während sie im Mai abzubleichen begann und in den Monaten Juni und Juli völlig verschwand. Um das richtige Verständnis für diesen Wechsel zu gewinnen, ist zu bemerken, daß das Maximum der schokoladebraunen Farbe zusammenfällt mit dem Minimum der blaugrünen Färbung, indem eine an Stelle der andern tritt. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die dunkelbraune Färbung zuerst im nördlichen Teile des Mare abzubleichen begann, im südlichen sich aber eine gewisse Zeit länger erhielt, teilt Lowell die ganze davon betroffene Region in einen nördlichen und einen südlichen Teil und verfolgt das Verhalten jedes derselben durch Zeichnung von Kurven. Die Daten dafür sind: Im März war die blaugrüne Färbung vorhanden, im April bedeckte sie nicht mehr die ganze Fläche, im Mai ist die dunkelbraune Färbung im südlichen Teile verschwunden, zeigt aber noch im nördlichen eine gewisse Ausdehnung. Mai 26 14^h 23^m M. Z. von Greenwich konnte der Beobachter die braune Färbung im Mare Erythraeum mit Sicherheit nicht erkennen, aber die Kanäle, besonders Orosines, waren deutlich, der Hintergrund muß also weniger dunkel gewesen sein. Am 28. Mai heißt es: „Brauner Schleier über das Mare Erythraeum nicht so ausgedehnt und dicht im Tone als früher, zieht sich nahe bei Hellas herum;" etwas später: „Neue Spuren der Färbung des Mare Erythraeum unter Hellas herum." Mai 29: „Mare Erythraeum etwas schokoladefarbig im Süden, bei längerm und besserm Sehen größtenteils jedoch verschwunden. Am 5. Juli erschien der nördliche Teil des Mare Erythraeum wieder in seiner normalen Farbe, der südliche in der Nähe von Hellas ungewöhnlich bleich. Aus einer genauen Diskussion schließt Lowell, daß die Zunahme der blaugrünen Färbung nur durch Ausbreitung von Vegetationsprozessen erklärlich sei, da große Wasserbecken auf dem Mars nicht vorausgesetzt werden können. Die dunkeln Flecke, die man ehemals für Meere ansah, sind flache, tiefer liegende Regionen, eine Art Ufergelände, in welche die vorhandene Feuchtigkeit zusammenfließt oder abgeleitet ist. Wenn dieselben von Vegetation bedeckt sind, so zeigen sie uns eine blaugrüne Färbung, verdorrt aber der Pflanzenwuchs, so wird dadurch die Farbe der Landschaft tiefbraun oder, was Lowell für wahrschein-

lich hält, es wird dann der Marsboden selbst sichtbar. In fruchtbarem Gelände wird derselbe hiernach schokoladebraun aussehen und nicht ockergelb wie in den Wüsten. Auf diese Weise erklärt der amerikanische Marsbeobachter dies schokoladefarbene Aussehen des Mare Erythraeum auf der Höhe seiner toten Saison. Dieselbe Erklärung läßt sich nach Lowell auch auf die von Schiaparelli entdeckte rotbraune Farbe einiger Kanäle anwenden, die er ebenfalls (im Mai 1903) wahrgenommen hat. Diese Färbung ist nämlich nicht die des eigentlichen Kanales, den wir von der Erde aus vermutlich gar nicht sehen können, sondern der Umgebung desselben rechts und links auf seiner ganzen Erstreckung, die in großer Breite periodisch von Pflanzenwuchs bedeckt ist.

Neue Untersuchungen über die jahreszeitlichen Veränderungen auf dem Mars und das Wesen der Marskanäle. P. Lowell hat hierüber eine große Abhandlung veröffentlicht.[1]) Die auf der Oberfläche des Mars stattfindenden Veränderungen sind jedem bekannt, der längere Zeit hindurch diesen Planeten studiert hat. Nicht nur nehmen die weißen Polarflecke an Größe in regelmäßigem Wechsel zu und ab, sondern auch die dunkeln Flecke, mit denen die Marsscheibe übersät ist, werden schwärzer oder bleicher, wie die Monate einander folgen. Die unter dem Namen „Kanäle“ bekannten Linien sind gleichfalls der Veränderung unterworfen; zuzeiten sind sie sehr augenfällig, zu andern Zeiten dagegen unsichtbar. Was aber noch bemerkenswerter ist: jeder Kanal hat seine eigenen Zeiten des Hervortretens und Zurücksinkens der Sichtbarkeit, das Verhalten des einen entspricht nicht demjenigen seines Nachbarn und noch weniger dem seiner Antipoden. Der Kanal Ganges wird gesehen, während der Kanal Titan unsichtbar ist, und dieser letztere wiederum ist sehr augenfällig, während man den andern kaum unterscheiden kann. Diese Veränderungen beschränken sich nicht auf einzelne, bestimmte Kanäle, sondern gelegentlich scheinen die Kanäle ganzer Landschaften wie ausgelöscht, so daß selbst mit aller Anstrengung bei größter Nähe des Mars und bester Luft keine Spur derselben wahrgenommen werden kann, während kurz vorher und nachher dieselben Regionen des Planeten mit Kanallinien übersät waren. Um die in diesen Erscheinungen herrschende Gesetzmäßigkeit zu ergründen, hat P. Lowell aus seinen Marszeichnungen das prozentische Verhältnis der Sichtbarkeit dieser Formationen in bestimmten Abschnitten während einer Opposition des Mars festzustellen versucht. Da die Anzahl seiner Marszeichnungen sehr bedeutend ist, so konnten auf diesem Wege Ergebnisse von großer Zuverlässigkeit von vornherein erwartet werden. Er verfuhr dabei in folgender Weise. Aus der Marskarte ergab sich unmittelbar die Position (Länge) der zu untersuchenden Region, und es wurden nun alle diejenigen Zeichnungen

[1]) Proc. Amer. Philos. Soc. 42. Nr. 174. — Sirius 1904. p. 97.

geprüft, auf denen diese Region sichtbar sein mußte. Dabei wurden drei Zonen unterschieden: die erste erstreckte sich bis zu 20° rechts und links von dem während der Zeichnung auf der Mitte der Marsscheibe stehenden Meridian, die zweite von 20 bis 40°, die dritte endlich von 40 bis 60° von dem Meridian der Mitte. Diese Dreiteilung hatte beiläufig den von vornherein beabsichtigten Vorteil, eine Vergleichung zwischen der Sichtbarkeit der Flecke in verschiedenen Abständen vom Zentrum der Marsscheibe zu ermöglichen.

Das ganze Verfahren ist sehr einfach, solange Mars eine volle, runde Scheibe zeigt, sobald er aber (vor oder nach der Opposition) eine Phase zeigt, muß darauf Rücksicht genommen werden, daß die Erleuchtung der Scheibe von dem Punkte, über welchem die Sonne senkrecht steht, bis zur Lichtgrenze abnimmt, so daß allein aus diesem Grunde die Flecke gegen diese Grenze hin weniger gut unterscheidbar werden, bis sie in gewisser Entfernung von der Lichtgrenze endlich ganz verschwinden. Deshalb hat Lowell seine Untersuchung nur bis zu 25° Entfernung von dieser Lichtgrenze ausgedehnt, eine Annahme, die sich aus seinen Beobachtungen als die richtigste ergeben hatte. Da der Planet Mars ungefähr 40 Minuten mehr Zeit gebraucht zu einer Umdrehung um seine Achse als die Erde, so ändert sich der auf der Mitte seiner Scheibe stehende Meridian nach Ablauf von 24 Stunden um 9.6°, und deshalb vollzieht derselbe eine scheinbar rückläufige Rotation in etwa 38 Tagen, da 9.6° in 360° nahezu 38mal enthalten ist. Nach Ablauf dieser Zeitraumes zeigen beide Planeten Mars und Erde einander wieder das nämliche Gesicht zur nämlichen Stunde. Während $^1/_7$ dieser Zeit steht Mars für Beobachtungen günstig, während $^2/_3$ aber ist er entweder unter dem Horizont oder steht zu tief, um gut beobachtet zu werden. Solcher Art bieten sich also natürliche Epochen dar, um die einzelnen Oberflächenteile mit sich selbst zu vergleichen und etwaige eingetretene Veränderungen während des Zeitintervalles festzustellen. Die zur Untersuchung vorhandenen Zeichnungen des Mars, welche Lowell benutzte, entstammen der Marsnähe (Opposition) von 1903 und belaufen sich auf 375 vollständige Darstellungen, die vom 21. Januar bis zum 26. Juli erhalten worden sind. Auf diesen Zeichnungen wurden 85 Kanäle rücksichtlich ihrer Sichtbarkeit oder Unsichtbarkeit untersucht, und zwar wurde die prozentuale Häufigkeit der Sichtbarkeit derselben innerhalb der Zone von 60° rechts und links vom Zentralmeridian festgestellt. Schon dieses Ergebnis ist bezeichnend, aber Lowell hat, um größere Sicherheit zu erlangen, daran Korrektionen angebracht. Die Entfernung des Mars war nämlich während der ganzen Beobachtungszeit nicht unverändert und ebensowenig der Zustand der Luft immer gleich gut gewesen; beides berücksichtigt er durch gewisse, nicht unzulässige Annahmen und bezieht alles auf die kürzeste Entfernung des Mars, bei welcher 1903 der scheinbare Durchmesser der Scheibe desselben 14.6″ betrug.

Er entwarf nun für die 85 einzelnen Kanäle Tabellen, welche die wirkliche Sichtbarkeit derselben in Prozenten der möglichen Sichtbarkeit überhaupt während der ganzen Beobachtungsdauer darstellen. Wurden dann die Beobachtungszeiten vom Moment des Sommersolstitiums der nördlichen Marshemisphäre an als Abszissen und die Prozentzahlen der Sichtbarkeit jedes Kanales als Ordinaten aufgezeichnet, so lieferten die Endpunkte der letztern, durch eine Linie verbunden, Kurven der Sichtbarkeitsverhältnisse, die für jeden Kanal typisch sind. Lowell nennt sie Cartouchen des Kanales, ein Wort, das im Deutschen nicht gut bezeichnend wiederzugeben ist, und wofür man am einfachsten Deutlichkeitskurven sagen kann. Wenn ein Kanal völlig unverändert blieb während der ganzen Beobachtungsdauer, so muß seine Deutlichkeitskurve als gerade Linie erscheinen (sobald die optischen Beeinflussungen der Sichtbarkeit abgezogen worden sind), und ihr Abstand von der Abszissenachse ist außerdem proportional der Stärke oder Deutlichkeit des Kanales überhaupt. Ändern sich dagegen die Sichtbarkeitsverhältnisse, so steigt die Kurve, wenn der Kanal deutlich hervortritt, und fällt, wenn er schwächer wird. So zeigen diese Deutlichkeitskurven nicht nur die scheinbare Veränderung in der Sichtbarkeit der Kanäle, sondern auch deren wirkliche Änderungen in der Entwicklung während der Beobachtungszeit an.

Untersucht man nun die Sichtbarkeitskurven der einzelnen Kanäle genauer, so findet man, daß von den 85 dargestellten nur zwei oder drei einigermaßen sich einer geraden Linie nähern, während alle andern gewissermaßen im Flusse waren. Die Opposition des Mars trat 1903 ein am 30. März, die größte Erdnähe des Planeten am 3. April, das Sommersolstitium der nördlichen Marshemisphäre am 28. Februar, während früher Lowell den Zeitpunkt des ersten Frostes auf 126 Tage nach dem nördlichen Sommersolstitium festgestellt hat. Wirft man einen Blick auf das alphabetisch geordnete Verzeichnis der Kanäle, so erkennt man weder Gesetz, noch Ordnung in der Entwicklung ihrer Sichtbarkeitsverhältnisse; ganz anders gestaltet sich die Sache, sobald man die Kanäle nach der (areographischen) Lage auf der Oberfläche ihres Planeten ordnet. Da die Kanäle keine Punkte, sondern Linien sind, so ist von Lowell die Mitte aller sichtbaren Punkte eines jeden als Bezeichnung seines Ortes auf der Marskugel angenommen worden. Nach diesem Prinzip hat er die Kanäle über die verschiedenen Breiten verteilt und unterscheidet folgende Zonen:

Die arktische Zone zwischen	86°	bis	65°	nördl.	Br.
Die subarktische Zone zwischen	65	„	50	„	„
Die nördlich gemäßigte Zone zwischen . .	50	„	35	„	„
Die nördlich subtropische Zone zwischen	35	„	25	„	„
Die nördliche tropische Zone zwischen . .	25	„	10	„	„
Die nördliche Äquatorialzone zwischen . .	10	„	0	„	„
Die südliche Äquatorialzone zwischen . .	0	und	10	südl.	Br.
Die südliche tropische Zone zwischen . .	10	„	25	„	„
Die südliche subtropische Zone zwischen .	25	„	35	„	„

Der Breitengrad von 86° nördlich wurde zum Ausgangspunkte gewählt, weil bis zu dieser Breite während der Beobachtungszeit die Eisbedeckung herabreichte. Anderseits bildete 35° südl. Br. die äußerste Grenze nach dieser Richtung, weil wegen der Neigung des nördlichen Marspoles gegen die Erde (die zwischen 21.1° und 25.9° während der Beobachtungszeit wechselte) die Mitte des am meisten südwärts liegenden Kanales in 27° südl. Br. lag. Lowell gibt nun zunächst das Datum, an welchem jeder Kanal im Minimum der Sichtbarkeit war, und zwar verteilt auf jede der oben bezeichneten Zonen. Im Mittel aus diesen 85 Angaben findet sich folgendes, wobei die beigefügten Ziffern die Anzahl der Tage bezeichnen, um welche die Entwicklung der Kanäle jeder Zone nach dem Tage des nördlichen Sommersolstitiums des Mars erfolgt:

Zone	Tage
Arktische Zone	0 Tage
Subarktische Zone	13 „
Nördliche gemäßigte Zone	22 „
Nördliche subtropische Zone	34 „
Nördliche tropische Zone	40 „
Nördliche äquatoriale Zone	43 „
Südliche äquatoriale Zone	56 „
Südliche tropische Zone	68 „
Südliche subtropische Zone	95 „

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich augenfällig eine zunehmende Verspätung in der Zeit der Entwicklung der Kanäle von der nördlichen Eiszone gegen den Äquator hin, und zwar macht diese Zunahme am Äquator nicht halt, sondern geht darüber hinaus auf die südliche Marshemisphäre. Was immer, sagt Lowell, die Kanäle sein mögen, so ist gemäß diesem Nachweise sicher, daß ihre Entwicklung vom Nordpole herab auf der Scheibe des Mars fortschreitet und zudem in einem ziemlich regelmäßigen Tempo über die Oberfläche des Planeten. Sie beginnt beim Sommersolstitium, d. h. sie folgt dem Schmelzen des Polareises. Dies führt auf die Vermutung über die Ursache der Erscheinung: Wasser spielt bei dem Sichtbarwerden der Kanäle eine Rolle, wenn auch nicht direkt, so doch indirekt als Vermittler von Vegetationsprozessen. Wir erblicken in dem Vorgange jahreszeitliche Veränderungen, aber diese zeigen in ihrem Verhalten einen wesentlich andern Gang als auf unserer Erde.

Könnten wir unsern irdischen Standpunkt verlassen und von einem Punkte außerhalb der Erde auf diese herabsehen, so würden wir bemerken, wie bei Ankunft des Frühlinges eine grünliche Welle über ihr Antlitz hinwegzieht, die von der äquatorialen Gegend höher und höher gegen den Pol hin zieht. Hier würden wir, deutlicher als auf dem Mars, eine Verdunklung wahrnehmen, das Blaugrün der Vegetation, das sich über die ockergelbe Grundfarbe ausbreitet; aber die beiden Welten Erde und Mars würden einen fundamentalen Gegensatz darin zeigen, daß die Vegetationswelle auf der Erde vom Äquator

gegen den Pol hin flutet, auf dem Mars dagegen vom Pol gegen den Äquator hin. Woher dieser Gegensatz? Einfach: infolge der Gegenwart oder Abwesenheit von Feuchtigkeit! Zwei Agenzien sind erforderlich zum Hervorrufen des vegetativen Lebens, das Rohmaterial und die wirkende Kraft. Sauerstoff, Stickstoff, Wasser und verschiedene Salze bilden das erstere, die Sonne liefert die andere. Auf der Erde ist, mit Ausnahme der Wüste, Wasser überall anzutreffen, die Einwirkung der Sonne aber nimmt zu und ab, und entsprechend vollzieht sich jährlich der Kreislauf des vegetativen Lebens. Auf dem Mars dagegen fehlt vielfach das Wasser, es gibt dort im wesentlichen nur solches, welches von dem Schmelzen der Schnee- und Eismassen herrührt. Vegetation kann in nennenswertem Maße dort nur aufblühen, nachdem das Wasser angekommen ist. Daher muß dort die Vegetation vom Pole ausgehen und gegen den Äquator hin vorschieben, während auf der Erde genau das entgegengesetzte stattfindet. Bezüglich des Mars stimmen damit die Sichtbarkeitskurven der Kanäle genau überein. Zeitlich hauptsächlich bestimmt, nicht durch das Kommen der Sonne, sondern durch das des Wassers, folgt das vegetative Leben auf dem Mars nicht den zunehmenden Breitengraden, sondern bewegt sich die Scheibe hinab. Wir schließen daraus, sagt Lowell, daß die Kanäle Streifen von Vegetation sind, die genährt wird von dem Wasser, das von der polaren Eiszone kommt.

Wie bemerkt, schreitet das Aufblühen des vegetativen Lebens auf dem Mars rasch und ziemlich gleichförmig vom Pole her über die Oberfläche des Planeten fort. Die Verdunklung braucht etwa 50 Tage, um vom 75° nördl. Br. bis zum Äquator zu gelangen, eine Strecke von 2600 engl. Meilen. Im Durchschnitte entspricht dies 53 engl. Meilen pro Tag oder 2.2 englische Meilen in der Stunde. Unter dem Einflusse der Schwere auf dem Mars würde aber Wasser keineswegs vom Pole gegen den Äquator hin fließen, am wenigsten mit der wirklich vorhandenen Geschwindigkeit, und daher scheint der Schluß unabweisbar, daß es dazu auf künstlichem, nicht auf natürlichem Wege gezwungen wird. Daher, sagt Lowell, werden wir darauf geführt, an einen künstlichen Ursprung und künstliche Erhaltung der sogenannten Kanäle zu denken, deren Benennung dadurch gerechtfertigt erscheint, und ich sehe keine Möglichkeit, dieser Schlußfolgerung zu entgehen. Diese wird noch unterstützt durch eine wichtige Tatsache. Der Fortschritt in der Entwicklung, der sich vom Pole gegen den Äquator in immer späterer Epoche vollzieht, macht am Äquator selbst nicht Halt, sondern die Verspätung schreitet auch auf der südlichen Hemisphäre fort. Hinge sie aber von der physischen Beschaffenheit der letztern lediglich ab, so müßte mit dem Überschreiten des Äquators eine Umkehr eintreten, weil die natürlichen Verhältnisse jetzt die entgegengesetzten sind. Das ist aber durchaus nicht der Fall, und so stehen wir hier vor einer Erscheinung, die nicht nur einfach unerklärbar aus Naturgesetzen ist, sondern diesen absolut

entgegensteht. Die hier vorgelegte Studie, schließt Lowell, führt demnach zu folgenden drei Schlußfolgerungen:

„1. Die Kanäle entwickeln sich über die Scheibe des Mars aus einem Materiale, welches vom Schmelzen der Polarkappe des Planeten herstammt, und die Entwicklung überschreitet den Äquator und greift in die andere Hemisphäre hinüber.

2. Die Kanäle deuten ihrem ganzen Verhalten nach auf Vegetationsvorgänge und

3. sie sind künstlichen, nicht natürlichen Ursprunges."

Lichtwechsel des Planeten Iris. Prof. Wendell hat mit dem Polarisationsphotometer der Harvardsternwarte eine Reihe sehr genauer Helligkeitsmessungen des Planetoiden Iris (7) angestellt. Durch dieselben ist eine Veränderlichkeit desselben, ähnlich wie beim Planeten Eros, erwiesen, deren Periode ungefähr 6^h 13^m beträgt. Die Größe der Lichtschwankung beträgt nur 0.2 bis 0.3 einer Größenklasse, und nur die sehr genauen Messungen Wendells haben sie mit Sicherheit erkennen lassen. Die Lichtkurve zeigt zwei Maxima und zwei Minima der Helligkeit, welche so nahezu gleich sind, daß es zweifelhaft bleibt, ob die Unterschiede reell sind oder nicht. In letzterm Falle würde die wirkliche Dauer des Lichtwechsels natürlich nur halb so groß sein, als oben angegeben ist.

Lichtänderungen des Planeten Hertha (135). J. Palisa macht darauf aufmerksam,[1] daß dieser Planet deutliche Helligkeitsschwankungen von kurzer Periode zeigt. Am 16. Februar fand er ihn um $11\frac{1}{4}^h$ gleich hell wie ein benachbarter Stern 10.5 Größe; um $12\frac{1}{4}^h$ war er ein wenig, um $13\frac{1}{2}^h$ eine halbe Größenklasse heller als dieser Stern, während er $14\frac{1}{4}^h$ schon wieder schwächer, jedoch noch heller als der Vergleichsstern erschien. Am 19. Februar konnte Dr. Palisa den Planeten Hertha von 8 bis 16^h verfolgen und feststellen, daß dessen Helligkeit kontinuierlich von 10.7 bis 10.0 Größe stieg.

Das Spektrum des Jupiter ist von Millochau auf dem Observatorium zu Meudon am 29. Dezember 1903, sowie am 2., 16., 26. und 29. Januar 1904 photographisch aufgenommen worden.[2] Die Expositionsdauer betrug 90 Minuten, und als Vergleichsspektrum wurde das des Mondes am 26. Januar photographiert. Der Spektrograph war so montiert, daß sein Spalt nach allen Richtungen eingestellt werden konnte, und besonders in den drei Stellungen: parallel zur Verbindungslinie der Jupiterpole, parallel zum Äquator des Planeten und 45° zu diesen beiden Stellungen. Die erhaltenen Bilder wurden viermal vergrößert, und nach einem besondern Verfahren konnten in

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3932.
[2]) Compt. rend. **138**. p. 1477.

aufeinanderfolgenden Positionen die relativen Intensitäten verschiedener Teile eines Klischees variiert und hierdurch die schwächern Details des Bildes leicht sichtbar gemacht werden.

Die erhaltenen Spektren zeigen deutlich fünf der Jupiteratmosphäre eigentümliche Absorptionsstreifen; sie liegen bei λ 618, 607, 600, 578 und 515 und entsprechen den Streifen, die Keeler im Uranusspektrum beschrieben. Ferner erscheinen die dem Spektrum des Wasserdampfes entsprechenden Streifen und der Streifen a bedeutend verstärkt. Alle Absorptionsstreifen sind verhältnismäßig viel intensiver in dem Teile des Spektrums, der von dem südlichen Äquatorialstreifen Jupiters herrührt, welcher in diesem Jahre allein breit und stark war.

Die hier spektroskopisch gewonnenen Resultate bestätigen die von den Astronomen ausgeführten Okularbeobachtungen, sowie die aus denselben abgeleiteten Schlüsse. Zunächst, daß die Atmosphären der Hauptplaneten des Sonnensystems in großen Zügen derjenigen der Erde ähnlich sind und dieselben Hauptbestandteile enthalten wie diese. Die schwachen, neuen Streifen, welche im Jupiterspektrum sich zeigen, und das Vorkommen des Streifens λ 618, der schon lange im Spektrum der obern Planeten gefunden war, zeigen, daß ferner in den Atmosphären dieser Welten ein Gas vorhanden ist, das in denen der untern Planeten nicht oder nur in sehr geringen Mengen existiert. Hiermit ist eine weitere Verwandtschaft zwischen den obern Planeten außer den bereits bekannten zu verzeichnen.

Veränderliche Bewegung des roten Fleckes auf dem Jupiter. W. F. Denning macht darauf aufmerksam [1]), daß die Rotationsperiode dieses Fleckes während der letzten Jahre eine merkwürdige Veränderung erlitten habe. Von 1877 bis 1900 nahm die Geschwindigkeit seiner Bewegung ununterbrochen ab, seitdem trat indessen Zunahme ein, und diese war besonders merklich seit dem Jahre 1901. Denning gibt folgende Tabelle der jovizentrischen Länge des Fleckes und der entsprechenden Rotationsdauer während der letzten zehn Jahre.

Jahr	Länge	Rotationsdauer		
1894	0°	9h	55m	41.0s
1895	5	9	55	41.1
1896	10	9	55	41.3
1897	16	9	55	41.5
1898	23	9	55	41.6
1899	33	9	55	41.7
1900	42	9	55	41.5
1901	46	9	55	40.7
1902	44	9	55	39.4
1903	33	9	55	40.8
1904 (bis August) .	32	9	55	39.3

Seit 1900 sieht man in der südlichen tropischen Zone des Jupiter eine große dunkle Masse, die sich rascher bewegt als der rote Fleck,

[1]) Observatory 1904. p. 343.

indem sie ihre Rotation in 22 Sekunden kürzerer Zeitdauer vollführt. Man hat vermutet, daß die Bewegung dieser dunkeln Masse die Bewegung des roten Fleckes beeinflusse, und Denning stimmt dieser Vermutung bei.

Der fünfte Jupitermond ist im Sommer 1902 von Barnard am Yerkesrefraktor beobachtet worden, nachdem seit 1899 keine Messungen desselben erhalten werden konnten. [1]) Auch dieses Mal waren die Messungen wegen des südlichen Standes des Planeten schwierig. Die Dauer des siderischen Umlaufes des Satelliten ergibt sich mit großer Genauigkeit zu $11^h\ 57^m\ 22.7^s$. Von den beiden Bahnberechnungen desselben durch Tisserand [2]) und Dr. Cohn [3]) erwies sich die erstere als genauer. Zwischen den Messungen des Satelliten von Barnard und denjenigen von Hermann Struve zeigte sich eine ausgesprochene systematische Differenz.

Rotationsdauer des Saturn. Im Jahre 1903 ist auf der nördlichen Hemisphäre des Saturn eine Anzahl heller Flecke sichtbar gewesen, deren Beobachtung wesentliche Beiträge zur Bestimmung der Rotationsdauer dieses Planeten geliefert hat. Die hellen Flecke wurden zuerst von Prof. E. E. Barnard am 40-Zoller der Yerkessternwarte gesehen, und es scheint, daß wenigstens einer davon während der ersten zwei oder drei Wochen außerordentlich hell gewesen ist. Derselbe wurde frühestens am 15. Juni gesehen, aber erst am 23. konnte er wieder beobachtet werden, und eine zweite genauere Beobachtung geschah in der darauf folgenden Nacht. Unabhängig hiervon entdeckte F. W. Denning in der Nacht des 1. Juli einen andern hellen Fleck, dem eine dunkle Masse folgte, und in der nämlichen Nacht sah diesen hellen Fleck auch J. Comas Sola zu Barcelona. Die folgenden Beobachtungen lehrten, daß tatsächlich eine Anzahl heller Flecke nahe in der gleichen nördlichen Breite (36°) auf dem Saturn sichtbar war, von denen der zuerst gesehene der bei weitem hellste war. Die beiden ersten Beobachtungen desselben überzeugten Prof. Barnard davon, daß die Rotationsdauer entschieden länger als $10^h\ 14^m$ sein müsse, welche Zeitdauer die Beobachtungen des Fleckes von 1876 ergeben hatte. Unabhängig hiervon hatte Dr. R. Graff in Hamburg bereits die Dauer der Rotation aus den Beobachtungen Juni 23, 26 und Juli 4 zu $10^h\ 39.01^m$ bestimmt. Dieses unerwartete Resultat wurde von Comas Sola und Denning bestätigt, und eine genauere Untersuchung aller Beobachtungen des hellen Fleckes bis Ende August durch Dr. H. C. Wilson dürfte als definitiven Wert der Rotationsdauer: $10^h\ 38^m\ 4.8^s$ ergeben. Prof. G. W. Hough fand dagegen als

---

[1]) Astron. Journ. 1903.
[2]) Compt. rend. 119.
[3]) Astron. Nachr. Nr. 9403.

Rotationsdauer 10h 38m 18s + n × 0.1856s, wo n die Zahl der Rotationen seit Juni 27. Dieses letztere Ergebnis wurde von Denning bestritten und auf unrichtige Identifizierung der kleinen hellen Flecke zurückgeführt. In der Tat ist es schwierig, die Fleckchen bei ihrem Wiedererscheinen auf der der Erde zugekehrten Seite der Saturnscheibe genau wieder zu erkennen. Im Mittel aus den Beobachtungen von 15 hellen und dunkeln Flecken während der Monate Juli bis Dezember ergab sich eine Rotationsdauer von 10h 37m 56s. Es kann jedenfalls kein Zweifel daran sein, daß der zuerst von Barnard entdeckte helle Fleck zu einer vollen Rotation nahezu 10h 38m bedurfte, erheblich mehr als die früher bestimmte Rotationsdauer. Von den ältern Beobachtungen sind nur die eines hellen Fleckes auf der südlichen Hemisphäre des Saturn in 40 oder 50° südl. Br. durch Dawes bekannt, aus denen eine Rotation von etwa 10h 24m folgt. Sonach ergibt sich, daß auf dem Saturn gleich wie auf dem Jupiter eine große äquatoriale Strömung von beträchtlicher Geschwindigkeit vorhanden ist, und zwar in der Richtung der Umdrehung des Planeten. Dieselbe beträgt auf dem Saturn etwa 1300 bis 1400 *km* pro Stunde, auf dem Jupiter 400 *km*, ein merkwürdiges und überraschendes Resultat. Denn wenn auch die oberflächlichen Teile des Saturn wahrscheinlich in einem flüssigern (weniger dichten) Zustande sein sollten als die auf dem Jupiter, so ist doch eine stärkere Bewegung derselben (in der größern Entfernung der Sonne) a priori nicht sehr wahrscheinlich.

Der Saturnsmond Phöbe ist durch neue Aufnahmen auf der Arequipastation der Harvardsternwarte seit dem Frühlinge 1900 definitiv nachgewiesen worden. [1]) Im ganzen wurden bis 1902 60 Aufnahmen des Saturn und seiner Umgebung gemacht, von denen 42 den Satelliten zeigen. Eine merkwürdige und unerwartete Tatsache stellte sich bei der genauen Untersuchung heraus, daß dieser Mond des Saturn rückläufig ist, während die andern acht Saturnmonde rechtläufig sind. Folgende Bahnelemente des neunten Satelliten wurden abgeleitet:

Umlaufsdauer	546.4 Tage
Exzentrizität der Bahn	0.22
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik .	5.1°
Neigung der Bahn gegen die Saturnsbahn	6.0°
Länge des aufsteigenden Knotens . .	220°
Länge des Perisaturniums	289.7
Epoche 1900 März	28.0 M. G. Z.

Infolge der großen Exzentrizität der Bahn variiert der Abstand des Trabanten vom Zentrum des Saturn zwischen 6 210 000 und 974 000 Meilen. Die scheinbare Helligkeit von Phöbe ist 14.0 Größe, der wahre Durchmesser kann daher nicht viel von 200 Meilen verschieden sein. Der neue Trabant ist von Barnard am 40-Zoller der Yerkessternwarte aufgesucht [2]) und am 8. August, sowie am 3. und

[1]) Harvard College Observatory 53. III. — Sirius 1905. Heft 1.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3969.

12. September tatsächlich gesehen worden. Barnard schätzte die Helligkeit desselben August 8 zu 15.5 bis 16. Größe, September 12 zu 16.7 Größe.

Die Spektren des Uranus und Neptun sind von V. M. Slipher untersucht worden.[1]) Es wurde dabei der große Spektrograph des Lowellobservatoriums am 24-zölligen Refraktor benutzt. Vom Spektrum des Neptun wurden zwei gute Photographien erhalten. Die lineare Dispersion beträgt für die Entfernung zwischen F und der Mitte von H und K nur 11 *mm*, die Aufnahmen geschahen auf isochromatischen Platten nit Expositionen von 14 und 21 Stunden. Auf der ersten Platte, welche viel Detail zeigt, erstreckt sich das Spektrum von der Linie D bis λ 4400, die zweite, länger exponierte zeigt das Spektrum von D bis λ 4300. Die Aufnahme I zeigt, wie wenig das Spektrum des Neptun dem der Sonne gleicht. Es erscheint abnorm hell bis zum Violett der b-Gruppe, als wenn der Planet ein gewisses eigenes Licht ausstrahle, doch ist der Kontrast sehr wahrscheinlich den starken Absorptionsbanden zuzuschreiben. Eine starke, schmale Linie bei F ist sichtlich die Wasserstofflinie $H\beta$. Die zweite Platte zeigt noch die Wasserstofflinie $H\gamma$. Das Spektrum des Uranus erscheint auf einer der Platten bis nahe zur Linie D. Es zeigt eine Linie in der Position der Heliumlinie D_3, die vielleicht reell ist, und endigt plötzlich bei λ 591. Die Linie F ist stärker im Uranusspektrum als im Spektrum des Mondes, aber nicht so stark wie im Spektrum des Neptun; ebenso sind die Banden bei den Wellenlängen λ 510, 543 und 577, welche beiden Planeten gemeinsam sind, im Neptunspektrum stärker als in dem des Uranus, doch ist der Ursprung dieser Banden nicht bekannt.

Der Mond.

Der photographische Mondatlas der Pariser Sternwarte, welcher unter Leitung des Direktors der Pariser Sternwarte M. M. Loewy und M. P. Puiseux herausgegeben wird, ist bis zur Ausgabe der sechsten Lieferung fortgeschritten. Dieser Lieferung enthält außer dem Texte und einer Phasenkarte sechs vergrößerte Heliogravüren nach Aufnahmen aus den Jahren 1897, 1899 und 1901. Es ist unzweifelhaft, daß diese Mondkarten alle andern nicht darauf basierenden Mondkartierungen völlig überflüssig machen. Weitere Arbeiten, die an den verschiedenen Stellen ins Detail eingehen, können sich nur auf diesen Karten aufbauen. Die Herausgeber kommen in dem erläuternden Texte zu den einzelnen Blättern zu dem Ergebnisse, daß die Mondoberfläche, wie sie uns erscheint, das Ergebnis einer bestimmten Entwicklungsreihe ist, die durch Intervalle von Ruhe in einzelne Phasen abgetrennt wird. Nach ihrer Anschauung zeigt die Umgebung des

[1]) Lowell Observatory Bulletin Nr. 13.

Südpols des Mondes einen der frühesten Zustände nach der Erstarrung der Oberfläche. Dagegen datieren die Meere der äquatorialen Regionen aus weit jüngerer Epoche. Die großen ringförmigen Formationen sind meist älter als die Maren, nur wenige mögen nach diesen entstanden sein; die eruptiven Kräfte der jüngern Zeit haben nur kleine und kleinste Formationen geschaffen, die zuletzt den irdischen Vulkanen ähnlich sind. Wer den Mond hinlänglich aus eigener Anschauung kennt, kann diesen Schlußfolgerungen wohl zustimmen.

Der photographische Mondatlas von William H. Pickering. Derselbe ist in den Annalen der Harvardsternwarte erschienen, 80 Blätter umfassend. Schon früher hatte Prof. William Pickering auf die Vorteile hingewiesen, welche ein Teleskop von 12 bis 15 Zoll Öffnung und einer sehr langen Brennweite von ein paar hundert Fuß für die photographische Aufnahme des Mondes darbieten würde. Diesen Plan auszuführen, bot sich dank der Liberalität zweier Freunde der Astronomie (die ihre Namen nicht genannt wünschen) im Jahre 1900 Gelegenheit. Die zur Verfügung gestellte Geldsumme gestattete die Herstellung eines Objektivs von 30 *cm* (12 engl. Zoll) Öffnung und einer Brennweite von 41.25 *m* (135.3 engl. Fuß). Natürlich mußte bei einem Objektiv von dieser ungeheuern Brennweite der Tubus eine feste, unbewegliche Lage erhalten, während das Licht der zu photographierenden Objekte durch einen beweglichen Spiegel in das Fernrohr geschickt wurde. Eine Expedition nach der Insel Jamaica, auf der ein 5-zölliger Refraktor an verschiedenen Stationen zur Prüfung der Luftverhältnisse aufgestellt worden war, hatte ergeben, daß dort während des Sommers äußerst günstige Luftverhältnisse herrschen, und es stand zu hoffen, daß solches auch in den Wintermonaten der Fall sein werde, die dort vielfach wolkenloses Wetter bringen. Doch ergaben später die Erfahrungen, daß zu astronomischen Zwecken die Luft im Winter zwar gut, aber weniger vorzüglich als während des Sommers ist. Im Oktober 1900 kam Prof. William Pickering mit seinem Begleiter zu Mandeville auf Jamaica an und errichtete seine Station zwei Meilen östlich von dieser Stadt auf dem Landgute Woodlawn (18° 1′ nördl. Br., $5^h\ 10^m\ 2.5^s$ m. L. v. Gr.) 2080 engl. Fuß über dem Seespiegel. Schon am 31. Dezember, wenige Minuten nach Beginn des neuen Jahrhunderts, konnte der erste Blick durch das Teleskop geschehen, und acht Tage später wurde die erste Mondphotographie erhalten. Die erste völlig brauchbare photographische Aufnahme des Mondes geschah am 29. Januar, die letzte am 31. August 1901, so daß das gesamte Material in sieben Monaten erhalten wurde. Leider erwies sich der Spiegel nicht fehlerfrei, indem er nicht vollkommen eben war, und dieser fatale Umstand zwang dazu, die benutzbare Öffnung des Fernrohres auf 150 *mm* (6 eng. Zoll) zu reduzieren. Indessen wurde dieser ungünstige Umstand durch die lange Brennweite des Objektivs einigermaßen kompensiert, und nach Prof. Pickerings Angabe

sind die besten von ihm erhaltenen Photographien denjenigen der Pariser Sternwarte, die mit einem Objektiv von 540 *mm* (26 Zoll) Durchmesser erhalten wurden, an Schärfe vergleichbar. Die Wiedergabe der Platten in dem Mondatlas ist in dem Maßstabe von 35 bis 40 *cm* für den Monddurchmesser, so daß 1 *mm* = 5 Sekunden im Bogen umfaßt, wobei viele feine Details verloren gegangen sind. Was die Anordnung der Karten betrifft, so wurde die sichtbare Mondscheibe senkrecht zum Äquator in acht gleichbreite Streifen zerlegt, die vom Äquator in der Mitte durchschnitten 16 Regionen ergeben, von denen acht die nördliche und acht die südliche Hälfte der Mondscheibe umfassen. Die Aufnahmen geschahen soweit als tunlich bei den günstigsten Librationen des Mondes, damit die Gegenden 10 bis 20° vom Rande entfernt so gut als möglich zur Darstellung kommen konnten. Die Polargegenden des Mondes sind nicht zur Zeit des Vollmondes, sondern wenn der Mond nahe den Vierteln ist, am besten sichtbar. Zur Zeit des Vollmondes, wenn die Libration in Breite beträchtlich ist, bleibt der eine Pol von der Erde abgewandt, während die Gegenden um den andern im Schatten liegen. Obgleich unter diesen Verhältnissen die Sonnenhöhe für den sichtbaren Mondpol am größten ist, 1.5°, so kann dennoch dieser Pol selbst sowohl als seine Umgebung besser gesehen werden bei niedrigem Sonnenstande, wenn die Richtung der Erleuchtung südlich ist. Der Ost- und Westrand des Mondes kann an der Lichtgrenze nur gut gesehen werden bei Vollmond. Auf einer Darstellung des Mare Imbrium bei Abendbeleuchtung sieht man die Regionen um den Mondrand und viele Berge des Apenninengebirges sehr glänzend, wie solches immer bei dieser Beleuchtung der Fall ist. Prof. Pickering erklärt diese weiße Färbung für Schnee, worin Prof. Klein ihm nicht beistimmen kann. Er macht ferner auf die dunkeln Flecke im Atlas und Herkules aufmerksam, die er auf Vegetation zurückführt und damit die Veränderlichkeit dieser Flecke erklärt. Weit größere Veränderungen in Farbe und Gestalt dunkler Flecke hat Klein früher in den mittlern Regionen der Mondscheibe nachgewiesen, doch möchte er dieselben nicht ohne weiteres vegetativen Vorgängen zuschreiben. Die Anzahl der großen und kleinsten Krater, die unter günstigen Umständen für uns sichtbar sind, schätzt Prof. W. Pickering auf mehr als 200 000, aber geringer als 1 000 000.

Die photographische Mondkarte von Prof. W. Pickering ist eine längst erstrebte Ergänzung der gezeichneten Mondkarten, sogar die einzige bis jetzt vorhandene, welche die ganze Mondoberfläche und dazu unter fünf verschiedenen Beleuchtungswinkeln umfaßt.

Neubildung auf dem Monde. Prof. William Pickering macht die Mitteilung, daß von ihm auf der innern Fläche der Wallebene Plato eine Neubildung konstatiert worden ist. Er sah dort am 31. Juli ein helles, dunstiges Objekt von etwa 4000 *m* im Durchmesser, das in der Zeit vom 21. bis 28. Juli nicht gesehen worden war. Am

2. August erschien an Stelle des hellen Fleckes ein dunkler, länglichrunder Schatten, ähnlich einem Krater mit einem Durchmesser von ungefähr 3000 *m*, und nördlich wie nordöstlich davon ein großer weißer Fleck. Das Objekt befindet sich in der Nähe eines sehr keinen, schon früher bekannten Kraters, der in der Pickeringschen Spezialkarte der Fläche des Plato, welche auf Tafel XII des „Sirius", Jahrgang 1901, reproduziert ist, die Nummer 3 trägt. Ein Telegramm vom 22. August bestätigt die Wahrnehmung und enthält die Angabe, daß der neue Krater einen Durchmesser von etwa drei englischen Meilen (ungefähr 5000 *m*) zeigt, und daß die helle Fläche sich seit dem 3. August merklich verändert habe. Weitere Beobachtungen werden zeigen, wie es sich mit diesem Krater verhält; nach den Wahrnehmungen aller frühern Selenographen ist ein ähnliches Objekt vordem dort nicht sichtbar gewesen.

Die vulkanischen Bildungen der Mondoberfläche waren Gegenstand einer Untersuchung von Prof. Klein.[1]) Als Ergebnis seiner dreißigjährigen Beobachtungen hebt er zunächst die Tatsache hervor, daß zwischen den Formationen der Mondoberfläche und den heutigen Vulkanbildungen der Erde im allgemeinen keine Ähnlichkeit besteht.

Besäße die Mondoberfläche Millionen von Kratern, jeder so groß wie der Durchmesser des Kraters auf dem Eruptionskegel des Vesuv, so würden wir von der Erde aus selbst mit den größten Teleskopen nicht einen davon wahrnehmen können; dagegen kann uns auch an gewöhnlichen Ferngläsern ein Berg von dem Umfange und der Höhe des Vesuv auf dem Monde in keiner Weise entgehen. Auch die Krateröffnung des Ätna wäre von der Erde aus auf dem Monde nicht zu erkennen, wohl aber würde der ganze Berg sich als imposantes Objekt darstellen. Ebenso hohe und ebenso isolierte Kegel finden sich aber auf dem Monde nur sehr selten. Die Formationen der Mondoberfläche sind also von denjenigen der Erde toto genere verschieden, und die von vielen Geologen behauptete Übereinstimmung der irdischen mit den lunaren Kratern beschränkt sich im allgemeinen auf die nahezu kreisförmige Gestalt der Öffnungen. Nur bei einer gewissen Klasse von sehr kleinen Kratern ist die Ähnlichkeit mit den irdischen Vulkanen in der äußern Gestalt ausgeprägt, aber diese Gebilde sind auf dem Monde durchweg minimal, und der Nachweis ihres Vorhandenseins ist hauptsächlich erst durch die Beobachtungen von Jul. Schmidt und Prof. Klein erbracht worden. Auf den Mondphotographien zeigt sich davon keine Spur.

Wollte man annehmen, daß in einer gewissen Periode der Vorzeit solche große lunare Formen auch auf der Erde als vulkanische Gebilde vorhanden gewesen seien, und zwar um die Analogie aus-

[1]) Gaea 1904, p. 393. Kosmischer u. irdischer Vulkanismus von Prof. Klein, Leipzig 1904.

reichend zu machen, in verhältnismäßig ebenso großer Anzahl wie auf dem Monde, so müßte man ein Maß von Zerstörung dieser Gebilde durch die Atmosphärilien annehmen, für welches wir sonst keine Andeutung besitzen. Wenn auch der Mond jünger ist als die Erde, und wenn er auch gegenwärtig weder Wasser noch Luft in nennenswerter Weise mehr an seiner Oberfläche besitzt, so weicht doch die typische Form seiner Oberflächengebilde so völlig von derjenigen der Erdoberfläche ab, daß man ohne Willkür nicht annehmen kann, diese Verschiedenheit sei innerhalb der hier überhaupt zulässigen Zeiträume lediglich durch Nivellierung auf der Erde entstanden. Dies um so weniger, als eine Verwandtschaft der jüngsten vulkanischen Gebilde des Mondes mit den Vulkanen der Erde sich tatsächlich aufdrängt. Anderseits zweifelt kein Kenner des Mondes daran, daß die dortigen großen Formationen durch solche Kräfte entstanden sind, welche wir auf der Erde vulkanische nennen, wonach der Schluß unabweisbar wird, daß der irdische und der kosmische (lunare) Vulkanismus sich in sehr verschiedener Art und Weise geltend gemacht haben.

Als Ursache dieser Verschiedenheit weist Verf. die fluterzeugende Einwirkung der Erde auf die glühendflüssige Mondmasse nach. Die störende Wirkung der Erde auf die glühendflüssige Mondmasse bewirkte in dieser ein Emporsteigen der innern, heißen Materie, d. h. gestaltete dieselbe ausbruchsfähiger, und zwar ist diese Einwirkung nach Zeit und Ort von sehr veränderlicher Intensität. Auch zeigt die Laplacesche Theorie der Ebbe und Flut, sobald sie auf den Umstand ausgedehnt wird, daß bei diesen Oszillationen der Gleichgewichtszustand erstrebt, aber tatsächlich nie erreicht wird, daß die gesamte Schwankung sich aus mehrern Oszillationen mit verschiedenen Perioden zusammensetzt, so daß nicht nur sehr beträchtliche, sondern auch überaus komplizierte Bewegungen der flüssigen Mondmaterie entstehen mußten, alle aber mit der schließlichen Wirkung: heißflüssige Materie aus tiefen Schichten in höhere zu bringen, d. h. deren Ausbruchsfähigkeit zu vermehren.

Die Mondmaterie aber muß, als unser Trabant nahezu in seine heutige Entfernung von der Erde gelangte, noch heißflüssig gewesen sein, weil er andernfalls in der Richtung gegen die Erde hin eine meßbare Verlängerung besäße. Die Formen seiner festen Oberfläche haben sich also erst herausgebildet, als der Mond schon nahe seine heutige Entfernung von der Erde besaß. Diese Schlußfolgerungen enthalten nichts Hypothetisches, sie sind lediglich der Ausdruck der mathematischen Untersuchungen.

Wegen der einzelnen Details muß auf die Schrift des Verf. verwiesen werden. Die Schlußfolgerungen, zu denen er kommt, formuliert er dahin: 1. daß auf dem Monde vulkanische Vorgänge von ungleich großartigerm Charakter erfolgt sind als jemals auf der Erde, 2. daß der Sitz der vulkanischen Kraft in der glühenden Materie des

Mondinnern sich befand, 3. daß die ungeheuern vulkanischen Wirkungen, welche die Mondoberfläche im Gegensatze zur Erdoberfläche offenbart, lediglich eine Folge der stärkern, fluterzeugenden Kraft sind, welche die Erde auf dem Mond ausübte, und indirekt: 4. daß die vulkanische Kraft der Erde ebenfalls der ursprünglich glühendflüssigen Materie des Erdinnern entstammt, und diese Kraft auf der Erde sowohl, als auf dem Monde bis zur Gegenwart stetig an Intensität abgenommen hat. Der tellurische Vulkanismus ist eine Wirkung des Restes der kosmischen Glut, in der sich voreinst die Gesamtmasse der Erde befand, und sein Ursprung liegt in dem ursprünglichen Ballungsakte der Materie. Dieses ist die unabweisbare Schlußfolgerung, zu welcher eine möglichst hypothesenfreie Untersuchung der Vulkanphänomene, welche der Mond darbietet, bezüglich der Erde führt.

Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1903. Prof. H. Kreutz gab[1]) eine Zusammenstellung der Kometenbedeckungen und Beobachtungen des Jahres 1903, der folgendes entnommen ist.

Komet 1902 III (1902b). Auf der Nordhalbkugel ist der Komet vor dem Verschwinden in den Sonnenstrahlen außer auf der Lickstemwarte auch von Howe in University Park (Colo.) am 17. Nov. zum letzten Male beobachtet worden. Auf der Südhalbkugel, wohin sich der Komet nach dem Perihel wandte, konnte am 11. Dez. in Santiago die erste Ortsbestimmung angestellt werden; der Komet wurde in Cordoba endlich bis zum 5. März verfolgt. Inzwischen war derselbe, nachdem er am 19. Januar mit — 46° die südlichste Deklination erreicht und wieder seinen Lauf gen Norden gerichtet hatte, auch auf der nördlichen Halbkugel abermals sichtbar geworden. Die südlicher gelegenen Sternwarten Mt. Hamilton und University Park konnten schon am 29. Januar Beobachtungen anstellen; im übrigen beginnen die Ortsbestimmungen erst gegen Anfang oder Mitte Februar. In dieser zweiten Sichtbarkeitsperiode hatte der Komet die Helligkeit eines Sternes 11. bis 12. Größe. Wirtz in Straßburg schildert ihn als zerflossene, rundliche Nebelscheibe mit einer mäßig ausgeprägten Verdichtung. Länger als bis Ende März haben wegen zunehmender Lichtschwäche sich die Beobachtungen nicht fortsetzen lassen; die letzte Ortsbestimmung hat Howe in Univerity Park am 30. März angestellt. Am 27. April war im 36-Zöller der Lickstemwarte keine Spur des Kometen mehr zu erblicken.

Aus der ersten Sichtbarkeitsperiode ist nachträglich noch außer zahlreichen Ortsbestimmungen eine größere Anzahl von Mitteilungen

[1]) Vierteljahrsschr. d. astron. Ges. 39. p. 42.

über die Helligkeit und das Aussehen des Kometen veröffentlicht worden. Besonders eingehende visuelle Beobachtungen in dieser Hinsicht haben Holetschek in Wien (A. N. 161.273) und Nijland und v. d. Bilt in Utrecht (162.44) angestellt. Von großer Wichtigkeit sind ferner die photographischen Aufnahmen auf der Licksternwarte (Lick Obs. Bull. 42 und Publ. of the Astr. Soc. of the Pacific 15.149), von J. Roberts (Knowledge 26.9), in Meudon (C. R. 136.596) und auf der Sternwarte in Dorpat (162.101). Auf den Lickphotographien ist die Zunahme des Schweifes, der anfangs kaum angedeutet ist, mit der Annäherung ans Perihel deutlich zu verfolgen; gegen Ende Oktober hatte er sich bis an den Rand der Platte in einer Entfernung von 11° ausgedehnt. Spektroskopisch ist der Komet am 24. Okt. von de la Baume Pluvinel (C. R. 136.743 und Bull. de la soc. astr. de France 17.117) beobachtet worden. Es zeigten sich die gewöhnlichen drei Kometenbänder mit völliger Abwesenheit des kontinuierlichen Spektrums.

Die folgenden Elemente von Aitken unterscheiden sich nur unwesentlich von den im vorigen Bericht mitgeteilten Strömgrenschen, sind aber aus einer größern Zwischenzeit, von Sept. 1 bis Nov. 1, abgeleitet.

T = 1902 Nov. 23.89235 M. Z. Berlin, ω = 152° 57′ 50.5″ 1902.0, ☊ = 49° 21′ 17.3″ 1902.0, i = 156° 21′ 5.1″ 1902.0, log q = 9.603212.

Komet 1903 I (1903 a), entdeckt von Giacobini in Nizza am 15. Januar 1903 in 23^h + 1° als eine kleine Nebelmasse 10. Größe ohne Schweif. Infolge abnehmender Entfernung von Erde und Sonne nahm die Helligkeit rasch zu. Gegen Ende Februar besaß der Komet schon die Helligkeit des Andromedanebels und erreichte Anfang März die fünfte Größenklasse. Leider näherte er sich immer mehr dem Tageslichte, so daß er im März nur noch in der Abenddämmerung beobachtet werden konnte. Die letzten Ortsbestimmungen sind am 19. März in Genf und Kasan angestellt worden.

Eine Schweifentwicklung, die überhaupt erst Ende Februar einsetzte, hat nur in beschränktem Maße stattgefunden, doch hat immerhin auf den von Quénisset aufgenommenen Photographien (Bull. de la soc. astr. de France 17.160, 206) trotz des tiefen Standes des Kometen die Schweiflänge bis zu 4° betragen, während visuell der Schweif nicht über 1° hinaus verfolgt werden konnte. Hand in Hand mit der Schweifentwicklung ging die Kondensation des anfangs sehr unscheinbaren Kernes, der sich allmählich zu einem sternähnlichen Punkte von 2″ bis 3″ Durchmesser verdichtete.

Nach dem Perihel ist der Komet noch eine Zeitlang auf der Südhalbkugel sichtbar gewesen. Im Einklange mit der theoretischen Helligkeit schildert ihn David Ross in Melbourne (Journ. of British Astr. Ass. 14.77) April 9 als hell und soeben mit bloßem Auge zu erkennen, während im Gegensatze hierzu die Beobachter auf der Kapsternwarte bei Gelegenheit der von April 6 bis Mai 4 reichenden

Ortsbestimmungen — der einzigen, die wir von der Südhalbkugel besitzen — den Kometen ausdrücklich als sehr schwach bezeichnen.

Die folgenden Elemente von Ebell sind aus sechs Beobachtungen von Jan. 19 bis März 9 abgeleitet worden und werden sich nur noch wenig von den definitiven entfernen:

T = 1903 März 16.03160 M. Z. Berlin, $\omega = 133° 41' 12''.7$ 1903.0, ☊ $= 2° 17' 56.1''$ 1903.0, $i = 30° 55' 28.8''$ 1903.0, $\log q = 9.613450$.

Komet 1903 II (1902 d). Die im vorigen Berichte ausgesprochene Vermutung, daß die Beobachtungsdauer des Kometen eine ungewöhnlich lange sein würde, hat sich nicht in vollem Umfange bestätigt. Bis Ende Februar 1903 ist allerdings die Helligkeit ziemlich konstant 11 bis 12. Größe geblieben; dann aber hat sie rasch abgenommen, so daß selbst die Beobachtungen auf der Licksternwarte nicht über den 26. Juni hinaus sich erstrecken konnten. Der Komet war an diesem Tage als ein Objekt 13.5 Größe mit einem Kerne 16. Größe und einem Durchmesser von 2' im 36-Zöller noch soeben zu erkennen.

Die folgenden Elemente von Aitken, abgeleitet aus Dez. 5, 30, Jan. 17. mögen der Vollständigkeit wegen hier Platz finden, obwohl sie kaum genauer als die im vorigen Berichte mitgeteilten Ristenpartschen sein werden.

T = 1903 März 23.31679 M. Z. Berlin, $\omega = 5° 45' 4.4''$ 1903.0, ☊ $= 117° 28' 0.0''$ 1903.0, $i = 43° 53' 57.9''$ 1903,0, $\log. q = 0.443156$.

Komet 1903 III (1903 b), entdeckt April 17 von Grigg in Thames, Neuseeland. Die ersten Beobachtungen auf dem australischen Festlande wurden von Tebbutt in Windsor April 27, 30 und Mai 2 ausgeführt. Die Helligkeit des an sich schwachen und kernlosen Nebels, der schon Ende März sein Perihel passiert hatte, nahm rasch ab, so daß Tebbutt seine Beobachtungen schon am 28. Mai abbrechen mußte. Mit dem gleichen Tage schließen die mit dem 4. Mai begonnenen Beobachtungen auf der Kapsternwarte; anderweitige Beobachtungen von der Südhalbkugel liegen nicht vor.

Die folgenden Elemente haben Kreutz und Ebell aus den oben angeführten ersten Beobachtungen auf der Sternwarte in Windsor abgeleitet.

T = 1903 März 25.5486 M. Z. Berlin, $\omega = 186° 40.7'$ 1903.0, ☊ $= 213° 14.5'$ 1903.0, $i = 66° 29.6'$ 1903.0, $\log q = 9.71054$.

Komet 1903 IV (1903 c), entdeckt 1903 Juni 21 von Borrelly in Marseille als heller Nebel 8.9. Größe mit scharfem Kerne von 1'' Durchmesser und einem kurzen, fächerartigen Schweife. Für den Kometen waren alle Bedingungen, eine glänzende Erscheinung am Nordhimmel zu werden, gegeben. Die Annäherung ans Perihel und die relativ große Erdnähe von 0.24 um Mitte Juli bewirkten eine ungewöhnlich rasche Zunahme der Helligkeit; am 26. Juni war der Komet bereits dem bloßen Auge sichtbar; Anfang Juli hatte er die 4. bis 5. Größe erreicht, und in der Zeit seiner größten Helligkeit,

gegen den 20. Juli die 3. Größe. Dagegen hat die Schweifentwicklung nicht ganz den gehegten Erwartungen entsprochen. Visuell konnte der Schweif selbst in der dritten Juliwoche nicht weiter als 5° verfolgt werden, während er allerdings auf den photographischen Platten sich bis zu 17° Länge ausdehnte. Eine Zweiteilung des Schweifes wurde dem Auge erst gegen Mitte August sichtbar. Auf den Platten war eine Mehrteilung bedeutend früher zu erkennen, so z. B. zeigt eine in Greenwich am 1. August aufgenommene Photographie neben dem Hauptschweife bis zu acht Nebenschweife. Eine eigentümliche Erscheinung hat der Schweif am 24. Juli dargeboten, die durch einen günstigen Zufall auf der Yerkessternwarte von Barnard und Wallace photographisch durch 5.4 Stunden hindurch verfolgt werden konnte. Auf den beiden dort aufgenommenen Photographien (Mitte der Expositionszeiten 16^h 15^m und 19^h 14^m M. Z. Gr.) zeigt sich nämlich neben dem eigentlichen Schweife eine zweite Lichtlinie, die ihm genau parallel ist, aber gar keine Verbindung mit dem Kopfe hat, sondern erst 2° von demselben entfernt ihren Anfang nimmt. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, als ob irgend eine Kraft plötzlich einen großen Teil des Schweifes abgebrochen und ihn zur Seite, und zwar nach der Richtung hin, von welcher der Komet herkam, geschleudert hätte. Die gleiche Erscheinung findet sich auf einer von Quénisset in Nanterre um 11^h 30^m M. Z. Gr. aufgenommenen Photographie; doch ist hier die Entfernung des Kopfes von dem nächst liegenden Ende des abgebrochenen Schweifstückes wesentlich kleiner als auf den amerikanischen Platten. Barnard hat hieraus [1]) abgeleitet, daß die Trennung dieses Schweifteiles vom Kopfe am 24. Juli 2^h 30^m M. Z. Gr. vor sich gegangen sei, und daß der Abstand vom Kerne sich stündlich um 10.7′ vergrößert habe. Es wäre von großer Wichtigkeit, auch andere an diesem Tage aufgenommene Photographien auf diese merkwürdige Erscheinung hin zu prüfen. Auf einer von J. Roberts wiedergegebenen Photographie ist sie ebenfalls zu erkennen, doch ist hier leider die Expositionszeit nicht angegeben. Das gleiche gilt von einer Photographie von F. Smith auf dem Yale College Observatory. Auch in Greenwich ist der Komet an diesem Tage photographiert worden, doch ist von dieser Aufnahme bisher nur bekannt geworden, daß sie eine der besten des Kometen gewesen ist. Sicher ist jedenfalls, daß, wie die Aufnahmen auf der Yerkessternwarte an den Nachbartagen zeigen, am 23. und 25. Juli nichts von dieser eigentümlichen Erscheinung vorhanden war.

Ebenso wie das Aussehen ist auch die Helligkeit des Kometen eingehend studiert worden. Es mag hier genügen, auf die Beobachtungsreihen von Ebell in Kiel, von Holetschek in Wien und von Wirtz und Rosenberg in Straßburg hinzuweisen; sie alle lassen un-

[1]) Astrophisykal. Journ. 18. p. 213.

zweifelhaft erkennen, daß die Formel $1:r^2\Delta^2$ zur Darstellung der Gesamthelligkeit ausreichend gewesen ist.

Spektroskopische Beobachtungen des Kometen liegen von Deslandres in Meudon und von Perrine auf der Lickstemwarte vor. Visuell zeigten sich neben einem relativ starken kontinuierlichen Spektrum die charakteristischen drei Kometenbänder. Photographisch war das Spektrum dem der Kometen 1893 II und 1894 II außerordentlich ähnlich, mit der einzigen Ausnahme, daß das Band $\lambda = 420$, das bei diesen Kometen sehr stark hervortrat, sich jetzt ganz besonders schwach zeigte.

In der dritten Augustwoche verschwand der Komet, der bis zuletzt die Helligkeit eines Sternes 4. Größe besessen hatte, in den Sonnenstrahlen; die letzte Ortsbestimmung ist am 23. August von Cerulli in Teramo angestellt worden. Nach dem Perihel ist noch der Komet als schwaches Objekt auf der Kapsternwarte von Sept. 30 bis Okt. 22 beobachtet worden. Weitere Beobachtungen auf der Südhalbkugel liegen noch nicht vor, doch ist wegen der stark zunehmenden Lichtschwäche kaum anzunehmen, daß der Komet anderswo länger als auf der Kapsternwarte beobachtet worden ist.

Die folgenden Elemente sind von Aitken aus drei Beobachtungen Juni 22, 30 und Juli 10 abgeleitet worden.

T = 1903 Aug. 27.6428 M. Z. Berlin, $\omega = 127° 19' 25.5''$ 1903.0, ☊ $= 293° 32' 55.0''$ 1903.0, $i = 84° 59' 45.3''$ 1903.0, $\log q = 9.518126$.

B r o o k s s c h e r K o m e t 1903 V (1903 d). Der Brookssche Komet ist nach der Vorausberechnung von P. Neugebauer am 18. August 1903 von Aitken auf der Lickstemwarte wieder aufgefunden worden. Er war klein und schwach, 14. Größe, mit einem Durchmesser von 3′ und einer geringen Verdichtung. Die Helligkeit nahm rasch ab, so daß er bald selbst im 36-Zöller ein schwieriges Objekt wurde und nur bis zum 24. Oktober verfolgt werden konnte. So weit bis jetzt bekannt, ist der Komet außer auf der Lickstemwarte nur noch auf dem Navalobservatory in Washington am 20. und 21. Aug. beobachtet worden. Nach der Theorie sollte der Komet ein wenig heller als zur Zeit der Entdeckung 1889 Anfang Juli, also ca. 11. Größe sein. Daß er so sehr viel schwächer erschienen ist, läßt sich wenigstens zum Teil durch die große südliche Deklination, welche in der ganzen Sichtbarkeitsperiode 21 bis 27° betragen hat, ungezwungen erklären.

Die Elemente, welche Neugebauer seiner Ephemeride zugrunde gelegt hat, sind die von Bauschinger aus den Erscheinungen 1889 V und 1896 VI abgeleiteten, mit Hinzufügung der Störungen bis zur Epoche 1903 Nov. 25.0.

Epoche und Osk. 1903 Nov. 25.0 M. Z. Berlin, $M = 358° 24' 35.6''$ 1900.0, $\omega = 343° 37' 45.2''$ 1900.0, ☊ $= 18° 3' 54.4''$ 1900.0, $i = 6° 3' 44.1''$ 1900.0, $\varphi = 28° 1' 12.6''$ 1900.0, $\mu = 499.64775''$, $\log a = 0.567562$, T = 1903 Dez. 6.4542 M. Z. Berlin, U = 7.10 Jahre.

Bahnbestimmung des Bielaschen Kometen aus den Beobachtungen 1846 bis 1852. Eine solche hat Prof. v. Hepperger unternommen. Er hat aus den im Jahre 1852 angestellten Beobachtungen die Normalörter gebildet und die Resultate der Störungsrechnung mitgeteilt, welche die Erscheinungen des Kometen in den Jahren 1846 und 1852 verbindet. Ferner wurden die unter verschiedenen Annahmen über die Zeit der Trennung erhaltenen Elemente des Kometen berechnet, welche die Normalörter am besten darstellen. Die Summe der Fehlerquadrate wird am kleinsten, wenn man 1844 September 13 als Zeit der Trennung annimmt. Die Darstellung der Rektaszensionen ist nicht ganz befriedigend und wird auch nicht merklich besser, wenn man die wechselseitigen Störungen beider Kometen berücksichtigt. Hierdurch erscheint aber die Möglichkeit geboten, eine obere Grenze für die Masse des Bielaschen Kometen zu fixieren, deren Wert, die Erdmasse als Einheit angenommen, den Betrag von 1 Milliontel nicht zu erreichen scheint.

Untersuchungen über die Größen und Helligkeiten der Kometen und ihrer Schweife hat schon vor längerer Zeit Dr. J. Holetschek begonnen. [1]) Jetzt veröffentlichte er eine Fortsetzung derselben, welche die Kometen der Jahre 1762 bis 1799 behandelt. [2]) Es werden darin wie früher die in den Kometenberichten enthaltenen Angaben über die Helligkeit auf dieselbe Distanz von der Sonne und von der Erde reduziert (reduzierte Helligkeit H_1, ausgedrückt in Größenklassen m), die etwa vorhandenen, meist in Bogenminuten ausgedrückten Angaben über den scheinbaren Durchmesser eines Kometen auf die Distanz 1 von der Erde reduziert (D_1) und die Angaben über die scheinbare Schweiflänge in wahre Längen c umgerechnet (ausgedrückt in Teilen der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne).

Die erhaltenen Resultate lassen noch bestimmter als früher die Tatsache erkennen, daß zwei oder mehrere Kometen mit derselben Periheldistanz q, wenn sich für sie nahe dieselbe reduzierte Helligkeit H_1 ergibt, auch nahe dieselbe Mächtigkeit der Schweifentwicklung erreichen, daß also diese letztere — abgesehen von ihrem schon lange bekannten Zusammenhange mit der Annäherung eines Kometen an die Sonne — nahe gleichen Schritt hält mit der durch H_1 definierten Mächtigkeit eines Kometen. Ein solcher Parallelismus zwischen verschiedenen Kometen mit demselben q und H_1 ist auch bezüglich der Abweichungen der Helligkeitsänderungen von dem durch die Entfernung von Sonne und Erde bedingten Verhältnisse zu bemerken.

Die für die einzelnen Kometen gefundenen Hauptresultate sind in der hier beigefügten Übersicht zusammengestellt, zu welcher noch folgendes bemerkt werden soll.

---

[1]) Denkschrift d. mathem.-naturw. Klasse d. k. Akad. d. Wissens. 63.
[2]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 314.

Von den für einen Kometen gefundenen Schweiflängen ist nur die größte und ebenso von den reduzierten Helligkeiten H_1, falls dieselben einen Gang zeigen, nur die bedeutendste angesetzt.

War der Schweif eines Kometen so hell, daß er mit bloßen Augen gesehen werden konnte, so ist der Länge ein * beigesetzt. In allen andern Fällen war somit der Schweif nur im Fernrohre zu sehen. War er selbst im Fernrohre so lichtschwach, daß er eigentlich nur zu vermuten oder bloß unter sehr günstigen Umständen zu erkennen war, so ist der Länge, ebenso wie auch einigen der Werte $c = 0$, ein Fragezeichen beigesetzt.

Bei den Kometen 1769 und 1770 I sind die Zahlen der ersten Zeile aus den Beobachtungen vor, die der zweiten aus den Beobachtungen nach dem Perihel abgeleitet.

Zum Enckeschen Kometen (E), der in diesem Zeitraume in zwei Erscheinungen beobachtet worden ist, sei bemerkt, daß die für 1795 gefundene Helligkeit $8\frac{3}{4}^m$ aus Beobachtungen zu der Zeit abgeleitet ist, in welcher sich der Komet der Sonne von $r = 1.0$ bis $r = 0.7$ genähert hat, während die für 1786 gefundene bedeutendere Helligkeit, 7.7^m, zu der Zeit gehört, in welcher er der Sonne schon bis $r = 0.45$ nahe gekommen war.

Komet	q	D_1	H_1	c
1762	1.01	—	$3\frac{1}{2}^m$	0.01
1763	0.50	3'	$8\frac{1}{2}$	0
1764	0.56	4	$6\frac{1}{2}$	0.01
1766 I	0.51	—	$6\frac{1}{2}$	0?
1766 II	0.40	—	5	0.08*
1769	0.12	3.8	3.5	0.5*
		2	3.2	0.2
1770 I	0.67	1.8	7	0
		—	$8\frac{1}{2}$	0.01?
1770 II	0.53	3.5	8	0.07
1771	0.90	> 2.5	4	0.15
1772 (B)	0.99	—	7	0.001
1773	1.13	7?	$3\frac{1}{2}$	0.04
1774	1.43	6?	6.0	0.01
1779	0.71	—	6.8	0.005
1780 I	0.10	—	5	0?
1780 II	0.52	—	6	0
1781 I	0.78	2	$7\frac{1}{2}$	0.001?
1781 II	0.96	3.5	6	0.03
1783	1.46	2	7	0
1784	0.71	2?	$3\frac{1}{2}$	0.08*
1785 I	1.14	—	8	0
1785 II	0.43	3.6	$4\frac{1}{2}$	0.2
1786 I (E) . . .	0.34	—	7.7	0?
1786 II	0.39	—	5	0.05?
1787	0.35	—	5	?
1788 I	1.06	—	8	0.02?
1788 II	0.76	5?	$7\frac{1}{2}$	0
1790 I	0.75	4	7	0
1790 II (Tu) . .	1.04	—	$8\frac{1}{2}$	0
1790 III	0.80	4	6	0.06

Komet	q	D_1	H_1	c
1792 I	1.29	5	$6^1/_2$	0.005?
1792 II	0.97	3.4	6	0.51
1793 I	0.40	—	6	0
1793 II	1.50	—	$6^1/_2$	0
1795 (E)	0.34	1.4	$8^3/_4$	0
1796	1.58	0.7	8	0?
1797	0.53	0.8	9	0
1798 I	0.49	—	8	0
1798 II	0.78	0.6	$10^1/_2$	0
1799 I	0.84	4	$5^1/_2$	0.06
1799 II	0.63	—	$5^1/_2$	0.03

Die Zahlen H_1 und c sind in der Abhandlung gemeinschaftlich mit denen des I. Teiles in einer Tabelle zusammengestellt, welche dazu benutzt werden kann, für irgend einen Kometen, falls man in der Tabelle schon einen andern oder auch mehrere mit nahezu derselben Periheldistanz q und derselben reduzierten Helligkeit H_1 findet, die zu erwartende Schweifentwicklung wenigstens versuchsweise vorauszubestimmen.

Daß das Verhältnis zwischen H_1 und c hier und da nicht völlig bestätigt erscheint, läßt sich fast überall auf die Stellung der betreffenden Kometen gegen den Beobachter zurückführen, indem ein Kometenschweif, der unter günstigen Sichtbarkeitsumständen sehr weit zu verfolgen ist, unter ungünstigen, namentlich in großen Distanzen von der Erde, in geringer Höhe über dem Horizonte und besonders in der Dämmerung, sehr verkürzt erscheinen kann.

Die Nachforschungen, die zu diesen Untersuchungen erforderlich waren, haben auch zu einigen Berichtigungen und Ergänzungen der Kometenliteratur geführt und insbesondere dazu Veranlassung gegeben, daß Beobachtungen des Kometen 1793 I, die in der astronomischen Literatur so gut wie ganz unbekannt waren, an das Licht gebracht worden sind.

Die Bredichinschen Schweiftypen der Kometen behandelt R. Jaegermann.[1]) Bredichin hat die erste Mitteilung über Kometenschweife am 17. September 1878 der K. Akad. der Wissenschaften in Petersburg gemacht. Sie bezeichnet den Anfang der Untersuchungen desselben über die Mechanik der Schweifbildung. Ähnliche Arbeiten, jedoch von engerm Gesichtspunkte aus, waren bis dahin nur für den Halleyschen Kometen in der Erscheinung von 1835 durch Bessel und für den Donatischen Kometen 1858 von Peirce, Norton und Pape ausgeführt worden. Bredichin gelangte zur Unterscheidung von drei Schweiftypen. Bezeichnet man die Anfangsgeschwindigkeit der von dem Kometenkerne in der Richtung gegen die Sonne hin ausgeschleuderten Materie mit g, die unbekannte repulsive Sonnenenergie

[1]) Naturw. Rundschau 1904. Nr. 3.

mit $1 - \mu$, so ergaben die ersten numerischen Bestimmungen Bredichins folgende Resultate für die Schweiftypen:

I.	Typus	$1 - \mu = 11.0$	$g = 0.15$
II.	„	$1 - \mu = 0.7$	$= 0.03$
III.	„	$1 - \mu = 0.1$	$= 0.01$

wobei $g = 0.01$ der Geschwindigkeit von 295 *m* in der Sekunde entspricht. Der Wert von $1 - \mu$ war für den Typus I schwer mit Genauigkeit zu bestimmen. Bredichin fand durch seine Bearbeitung des großen Kometen von 1811, der sich zu jener Bestimmung ganz besonders eignet, den obigen Wert = 17.5, und mit diesem Werte, rund $1 - \mu = 18$, stimmen die Schweife des Typus I von 40 Kometen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler völlig überein. Die seit 1892 erhaltenen photographischen Aufnahmen von Kometen haben die Bredichinsche Typeneinteilung, sowie überhaupt die mechanische Kometentheorie außer allen Zweifel gestellt. Jaegermann gibt eine Tafel aller von Bredichin untersuchten Kometen, die nachstehend folgt. Sie sind in chronologischer Reihenfolge geordnet; ferner sind angegeben: die Länge des aufsteigenden Knotens (☊), das Argument des Perihels (ω), die Neigung (i), die Periheldistanz (q). Durch die Buchstaben (v) (vor dem Perihel) und (n) (nach dem Perihel) ist die Beobachtungszeit angegeben.

Nr.	Komet	Schweiftypen			Beobachtungszeit	q	ω	☊		i	
1	1472	I	—	—	*v.*	0.486	246°	285°	53'	170°	50'
2	1577	—	II	III	*n.*	0.178	256	25	20	104	50
3	1580	—	II	—	*v.*	0.602	89	19	7	64	34
4	1582	—	—	III	*n.*	0.169	332	227	14	118	34
5	1618 II	—	II	—	*n.*	0.390	287	75	44	37	12
6	1652	—	II	—	*n.*	0.848	300	88	10	79	28
7	1664	—	II	—	*n.*	1.026	311	81	16	158	42
8	1665	I	—	—	*v.*	0.107	156	228	2	103	55
9	1680	—	II	—	*v. n.*	0.0062	351	272	9	60	40
10	1682	I	—	—	*v.*	0.583	109	51	11	162	15
11	1744	I	II	—	*v. n.*	0.222	151	45	45	47	7
12	1769	I	II	—	*v.*	0.123	329	175	4	40	46
13	1807	I	II	—	*n.*	0 646	4	266	47	63	10
14	1811 I	I	II od.	III	*n.*	1.035	65	140	25	106	57
15	1819 II	—	II	—	*n.*	0.341	13	273	42	80	45
16	1823	—	—	III	*n.*	0.227	28	303	3	103	48
17	1825 IV	I	II	—	*v.*	1 241	257	215	43	146	27
18	1835 III	I	—	III	*v.*	0.587	111	55	10	162	15
19	1843 I	I	II	—	*n.*	0.0055	83	1	15	144	19
20	1844 III	—	II	III	*n.*	0.252	178	118	19	45	39
21	1853 II	—	—	III	*v.*	0.909	199	40	58	122	11
22	1853 III	I	—	III	*v.*	0.307	170	140	31	61	31
23	1853 IV	—	—	III	*v.*	0.173	278	220	6	119	0
24	1854 II	—	II	—	*n.*	0.277	102	315	28	97	28
25	1854 III	—	II	—	*n.*	0.648	75	347	40	108	41

Nr.	Komet	Schweiftypen			Beobachtungszeit	q	ω	Ω	i
26	1857 III	—	—	III	*v.*	0.368	134	23° 42′	121° 1′
27	1858 VI	I	II	—	*n.*	0.579	129	165 19	116 58
28	1860 III	—	II	—	*n.*	0.293	77	84 41	79 16
29	1861 II	I	—	III	*n.*	0.822	330	278 59	85 26
30	1862 III	I	—	III	*v. n*	0.963	153	137 27	113 34
31	1863 IV	I	—	—	*n.*	0.707	357	97 29	78 5
32	1865 I	—	II	III	*n.*	0.0258	112	252 56	92 30
33	1874 III	I	II	—	*v. n.*	0.676	152	118 44	66 21
34	1877 II	I	—	—	*n.*	0 8[illegible]0	63	316 27	121 9
35	1880 I	—	II	—	*n.*	0 0055	86	6 10	144 40
36	1881 III	I	II	—	*n.*	0.735	354	270 58	63 26
37	1881 IV	I	II	—	*v. n.*	0.634	122	97 3	140 14
38	1882 I	I	II	III	*n.*	0.0608	209	204 56	73 49
39	1882 II	I	II	III	*n.*	0.0077	69	346 1	142 0
40	1884 I	I	II	—	*v.*	0.776	199	254 6	74 3
41	1886 I	—	II	—	*n.*	0.642	127	36 23	82 37
42	1886 II	—	II	—	*n.*	0.479	120	68 19	84 26
43	1886 IX	I	II	III	*v. n.*	0.663	86	137 23	101 38
44	1887 I	—	—	III	*n.*	0.0055	65	339 38	137 37
45	1889 I	—	—	III	*n.*	1.815	340	357 25	166 22
46	1892 III	I (?)	—	—	*n.*	2.142	14	331 38	20 47
47	1893 II	I	—	—	*n.*	0.675	47	337 21	159 58
48	1893 IV	I	II	—	*n.*	0.812	347	174 55	129 50
49	1894 II	—	II (?)	III (?)	*n.*	0.983	324	206 21	87 4
50	1899 I	I	—	III	*v. n.*	0.327	9	24 59	146 15
51	1901 I	—	II	III	*n.*	0.245	203	109 39	131 5

Neben dem großen, vollständig entwickelten Schweife des I. Typus waren beim Kometen 1811 I schwache Spuren von Nebenausläufern hinter dem Hauptschweife vorhanden; doch kann infolge mangels des Beobachtungsmateriales ihre Zugehörigkeit zum II. oder III. Typus nicht festgestellt werden. Dasselbe läßt sich vom äußerst schwachen Schweife des Kometen 1892 III (Holmes) sagen, dessen sehr große Periheldistanz eine bedeutendere Schweifentwicklung verhinderte. Die von Max Wolf gegebene Beschreibung seiner vom Kometen 1894 II erhaltenen Photographie kann ebenfalls nicht zur genauen Bestimmung der Schweiftypen ausgenutzt werden. Dagegen ist sie in der Hinsicht sehr wertvoll, indem sie die für die mechanische Theorie sehr wichtige Wellen- und Gammaform der Schweife nachweist.

Wie aus der Tafel zu ersehen, treten die verschiedenen Schweiftypen bei Kometen mit den verschiedenartigsten Elementen auf. Es kann somit das vorwiegende Auftreten des einen oder andern Typus nur von Unterschieden im physikalisch-chemischen Bau der Kerne herrühren. Sieht man von den Kometen 1892 III, 1894 II ab, und läßt man ebenfalls den II. oder III. Typus des Kometen 1811 I beiseite, so besaßen 49 von Bredichin mechanisch untersuchte Ko-

meten zusammen 75 Schweife, von denen 26 dem I. Typus, 30 dem II. Typus und 19 dem III. Typus angehören. Die Schweife des III. Typus wurden also weniger als die der andern Typen beobachtet. Die Ursache hiervon liegt wahrscheinlich in der allgemeinen Schwäche und Verschwommenheit dieser Schweife. Unter Berücksichtigung dieses letzten Umstandes kann der allgemeine Schluß gezogen werden, daß die drei Schweiftypen im Durchschnitte gleichmäßig bei allen Kometen auftreten, daß die Kometen somit in physikalisch-chemischer Hinsicht identisch untereinander sind, was mit den Resultaten der Spektralanalyse übereinstimmt.

Die den drei Schweiftypen entsprechenden Werte von $1-\mu$ und g sind:

	I. Typus	II. Typus	III. Typus
$1-\mu$:	18;	von 2.2 bis 0.5;	von 0.3 bis >0.
g:	von 0.34 bis 0.1;	von 0.07 bis 0.03;	von 0.02 bis 0.01.

Als Zeiteinheit für die Anfangsgeschwindigkeit g sind $1:\varkappa = 58.13244$ Tage angenommen ($\varkappa$ ist die Gaußsche Konstante). Als Distanzeinheit gilt die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne (149 480 976 *km*), entsprechend der Parallaxe 8.80″ und den Besselschen Erddimensionen. Die repulsive Kraft $1-\mu$ der von der Sonnenrichtung ausgehenden, unbekannten Energie ist in Einheiten der gewöhnlichen Attraktion ausgedrückt.

Bredichin erklärte die strenge Getrenntheit der Schweiftypen durch die Annahme, daß die Schweife I. Typus aus den Molekeln von reinem Wasserstoff, die des II. Typus aus den Molekeln von Kohlenwasserstoff, Natrium usw., die des III. Typus aus den Molekeln von Eisen und andern schwerern Metallen gebildet sind.

Bredichin hat also die später in den Kometen 1882 I und 1882 II entdeckten Elemente Natrium und Eisen schon 1879 auf Grund seiner Typeneinteilung nachgewiesen; das Element Wasserstoff konnte dagegen, abgesehen von zwei zweifelhaften Fällen: beim Kometen 1882 I (beobachtet von Bredichin), 1893 IV (beobachtet von Campbell), spektroskopisch bisher nicht nachgewiesen werden. Bredichin erklärt dieses dadurch, daß die verhältnismäßig schwachen Wasserstofflinien von den entsprechenden Fraunhoferschen Linien des vom reflektierten Sonnenlichte herrührenden, kontinuierlichen Spektrums verdunkelt werden. Selbst bei einer großen relativen Bewegung des Kometen zur Erde werden die Wasserstofflinien, sowie auch die Fraunhoferschen Linien, dem Dopplerschen Prinzip gemäß, eine gleichförmige Verschiebung erleiden, so daß nur in äußerst günstigen Fällen bei besonderer Intensität der Wasserstofflinien letztere sichtbar werden können.

Bei einigen Kometen (ungefähr sechs), darunter auch Komet 1893 II, ergaben sich für den I. Schweiftypus Größen der repulsiven Kraft, welche bedeutend den Wert $1-\mu = 18$ übertreffen. Diese Werte

gruppieren sich (innerhalb der Grenzen der dem I. Typus eigenen Fehler) um die Zahl 40.

Sollte sich dies bestätigen, also zwei sehr voneinander verschiedene Werte von $1 - \mu$ für den Typus I sicher hervorgehen, so müßte man das Vorhandensein eines Stoffes noch leichter als Wasserstoff oder eine Dissoziation der Molekeln von Helium und Wasserstoff annehmen.

Meteoriten.

Der Meteorit von Peramiho. Der neue Eukrit, von dem ein einziges Exemplar bekannt wurde, das sich jetzt in der Meteoritensammlung des naturhistorischen Hofmuseums befindet, ist am 24. Oktober 1899, 7^h morgens, in nordwestlicher Richtung, drei Stunden weit von der katholischen Missionsstation Peramiho im Gebiete von Ungoni, Bezirk Songea in Deutschostafrika, niedergefallen. Der Stein ist kinderfaustgroß und hat ein Gewicht von 165 *g*. Sein Äußeres zeigt viel Ähnlichkeit mit den Steinen von Stannern. Die wesentlichen Gemengteile des Steines bestehen aus Anorthit, monoklinem und rhombischem Pyroxen, während Magnetkies und Magnetit als untergeordnete Nebengemengteile vorhanden sind.

Nach der Berechnung der von Hofrat E. Ludwig ausgeführten Analyse ist der Stein aus 30% Anorthit und 70% Pyroxen zusammengesetzt.

Bezüglich seines Gefüges zeigt der Stein eine zusammengesetzte Struktur. Es sind Gesteinspartien mit ophitischer Struktur und mit Trümmerstruktur zu unterscheiden. Aus dem petrographischen Verhältnisse beiderlei Teile lassen sich drei Zustandsphasen erkennen, die der Stein durchgemacht hat. Als unterste erkennbare Entwicklungsstufe des Steines hat ein Trümmergebilde vorgelegen, das wahrscheinlich einem breccienartigen Zustande entsprochen hat. Zu einer spätern Zeit hat die Eukritbreccie eine durch Erhitzung bewirkte Umwandlung erfahren, wobei der Anorthit vollständig und der Pyroxen teilweise zur Schmelzung kam, und die rekristallisierten Anorthite mit den regenerierten Pyroxenen in Gestalt von Einschlüssen angefüllt wurden. Nach dieser Entwicklungsphase hat der Stein starke Pressungen erfahren, die am deutlichsten in den Verwerfungen der Anorthitzwillingslamellen und auch sonstigen Erscheinungen von Kataklase zum Ausdrucke kommen. Der Periode mechanischer Veränderungen ist dann eine zweite Einschmelzung gefolgt, von der der Stein jedoch nur partienweise ergriffen wurde. Bei dieser Einschmelzung, wo sich Schwefelkies in den Schmelzherden ansiedelte, der Feldspat in Körnerform wieder kristallisierte und die Pyroxene sich in Körner und Fetzen auflösten, ist es auch zur Bildung von glasigen Adern gekommen, jenem Geästel, das auf der Bruch-

fläche die dem freien Auge erkennbare graue Verfärbung der sonst hellfarbigen Steinmasse hervorbringt.

Eine neue Gruppe von Meteoreisen. Prof. Friedrich Berwerth hat der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien eine Abhandlung überreicht, in der er eine neue Gruppe von Meteoreisen, die Metabolite, schildert. Im Jahre 1902 hat Prof. Berwerth gelegentlich der Besprechung des Meteoreisenzwillings von Mukerop zum ersten Male die Ansicht ausgesprochen, daß die am Mukeropeisen partienweise vorhandene, durch einen matten Schimmer gekennzeichnete Verschleierung des oktaedrischen Gefüges als eine Folge von Erhitzung des Blockes aufzufassen und die Quelle der Erwärmung oder schärfern Anheizung desselben außerhalb unserer Atmosphäre zu suchen sei. Zu dieser Ansicht führte ihn der Vergleich des dunstartigen Schleiers bei Mukerop mit dem Gefüge der an ganz wenigen Meteoreisen erhaltenen randlichen Veränderungszone, deren Entstehen durch Erhitzung in unserer Atmosphäre von niemand angezweifelt wird. Die Gleichartigkeit der Erscheinungen, in beiden Fällen in einer Umkristallisierung, resp. Körnung der Eisenmasse bestehend, veranlaßte ihn dann notwendigerweise zu dem Ausspruche, daß die meisten sogenannten „dichten Meteoreisen“ auf dem Wege der Erhitzung im festen Zustande umgewandelte oktaedrische Eisen seien.

Seither sind ihm die auf chemisch-physikalischen Arbeitsverfahren beruhenden wichtigen Resultate metallographischer Forschungen bekannt geworden, und die bisherigen experimentellen Erfahrungen über die beim Abkühlen oder Erwärmen im festen Zustande vor sich gehenden Umwandlungen in den Metallegierungen bieten eine ausreichende Analogie, um die bei vielen oktaedrischen Eisen vorhandene feine bis grobe Körnung auf eine Anwärmung oder schärfere Erhitzung des betreffenden Eisens zurückzuführen, ein Vorgang, wie er eben an künstlichen Metallegierungen genügend erhärtet ist. Um sich über das erwartete Vorhandensein des oktaedrischen Netzgefüges bei den dichten und körnigen Eisen zu orientieren, hat er alle ihm zur Verfügung stehenden dichten und körnigen Eisenproben einer kritischen Besichtigung unterzogen. Er ist dabei zu dem Resultate gelangt, daß unter 36 Fällen an 27 dichten oder körnigen Eisen die oktaedrische Netzstruktur mehr oder weniger vollkommen erhalten und genügend deutlich nachweisbar ist. Zur Beobachtung genügt für gewöhnlich die Anwendung einer Lupe. Vollkommen erhaltene oktaedrische Balkennetze oder nur Relikte oktaedrischer Struktur wurden in folgenden Beispielen beobachtet: Cacaria, Campo del cielo, Chesterville, Chile, Deep Springs Farm, Forsyth County, Howard County, Iquique, Kapeisen, Linnville Mountain, Locust Grove, Morradal, Nenntmannsdorf, Oktibbeha County, Primitiva, Rafrüti, Rasgata, San Francisco del Mezquital, Santa Rita

(Signeteisen), Senegal, Shingle Springs, Sierra de Deesa, Smithland, Summit, Tombigbee River, Tucson (Carleton Tucson), Willamette. Sichtbare oder sichere Spuren oktaedrischen Gefüges fehlen in den Proben: Auburn, Bingera, Canada de Hierro, Cincinnati, Hollands Store, Illinois Gulch, Kendall, Nedagolla, San Cristobal. Damit will Prof. Berwerth aber nicht ausgesagt haben, daß der oktaedrische Bau in diesen Eisen ursprünglich nicht vorhanden gewesen ist. In allen diesen Fällen ist er der Meinung, daß oktaedrische Bändersysteme nur nicht auffindbar sind, weil selbst die letzten Spuren eines solchen bei der Umkristallisierung vollständig aufgezehrt wurden. Das Eisen von Willamette vermittelt in ausgezeichneter Weise den Übergang vom oktaedrischen Gefüge zur reinen, stets zyklopenartigen Körnung, und das Eisen von Hammond und das Kapeisen sind als Beispiele zur Beobachtung der Umwandlung von feinen Lamellensystemen in den fein kristallinischen Zustand zu empfehlen. Die Ableitung des jetzigen feinkristallinen oder körnigen Zustandes von der oktaedrischen Primärstruktur muß einer eingehenden Darstellung jeden einzelnen Falles vorbehalten bleiben. Die sekundär erworbene, fein- oder grobkörnige Struktur erscheint hier ebenso als Deckstruktur über der oktaedrischen Struktur, wie bei den Chondriten das durch Schmelzung entstandene kristallinische Gefüge über der Tuffstruktur.

Aus den tatsächlichen Beobachtungen geht also hervor, daß die dichten und körnigen Eisen als Derivate von oktaedrischen Eisen zu definieren sind, aus denen sie durch eine außerhalb unserer Atmosphäre eingetretene stärkere Erhitzung oder Anwärmung im festen Zustande umkristallisiert sind.

Für ein durch Umkristallisierung hervorgegangenes Eisen wählt Prof. Berwerth die Bezeichnung „Metabolit“ und wird deren Gesamtheit dem Rose-Tschermakschen Meteoritensysteme als „Gruppe der Metabolite“ einfügen. Da bei den Meteorsteinen dargetan ist, daß eine große Reihe von Steinen durch Schmelzung umgewandelte Trümmerprodukte sind, so wird im revidierten Systeme neben der Gruppe „der Eisenmetabolite“ eine große Gruppe der „Steinmetabolite“ zu unterscheiden sein.

Tektite von beobachtetem Falle, eine neue Klasse von Meteoriten. Dr. A. Brezina hat der Wiener Akademie der Wissenschaften eine Mitteilung über den wirklich beobachteten Niederfall von Aerolithen gemacht, welche zu den Moldaviten zu stellen sind, deren meteorische Natur zuerst Verbeek und später Franz E. Sueß behauptet haben.[1])

Im Jahre 1897 hat R. D. M. Verbeek den Moldaviten, Billitoniten und Australiten einen gemeinsamen außerirdischen Ursprung (aus den Mondvulkanen zugeschrieben), und 1898 hat Dr. Franz E. Sueß

---

[1]) Wiener Akad. Anz. 1904. Nr. 5.

sie als eine eigene Klasse der Meteorite unter dem Namen der Tektite angesprochen und ihre Eigenschaften sehr eingehend untersucht.

Die Argumente für die aerolithische Natur dieser eigentümlichen Gläser waren hauptsächlich folgende:

1. Ihre Oberflächenbeschaffenheit läßt sich weder durch Abrollung, noch durch Abwitterung erklären, sondern entspricht vollkommen der der Meteorite.

2. Ihr chemisches Verhalten und ihre Zusammensetzung unterscheiden sich wesentlich von denen der natürlichen und künstlichen Gläser irdischer Herkunft; die Tektite sind wasserfrei und scheinen sich in einer wasserdampffreien Atmosphäre gebildet zu haben.

3. Auch die physikalischen Eigenschaften unterscheiden die Tektite sowohl von den natürlichen als den künstlichen irdischen Gläsern.

Trotzdem haben sich die fachmännischen Kreise der Anschauung von der aerolithischen Natur dieser Körper bisher größtenteils verschlossen.

In der Literatur ist seit nahe 50 Jahren der Fall eines Tektites unter den bei Meteoritenfällen gewöhnlichen Erscheinungen verzeichnet.

Am 17. Mai 1855, nachmittags 6 Uhr, fielen auf dem Hofe des Gutes Igast bei Walk in Livland unter 57° 50 N, 26° 13 O. Gr. mit einer gewaltigen Lichterscheinung und einer furchtbaren Detonation etwa zwei Hände voll bimsstein- oder lavaähnlicher Körper von dunkelbrauner, aschgrauer oder braunroter Farbe, welche „Übergänge von einer feinlöchrigen oder feinzelligen, geschmolzenen oder gefritteten Masse bis zu einer blasenreichen, vollkommen entwickelten, gleichartigen Lava“ zeigen. Sie besitzen meist eine zusammenhängende, glatte Schlackenrinde.

Das spezifische Gewicht der gepulverten und ausgepumpten Masse war 2.679, das der unveränderten, gekochten Masse 2.310 und das der unveränderten, nicht gekochten Masse 1.540. Die Moldavite haben 2.318 bis 2.385, die Billitonite 2.443 bis 2.503, die Australite 2.419 bis 2.470 spez. Gewicht.

Die Fallerscheinungen von Igast sind durch verläßliche Zeugen beobachtet.

Die chemische Zusammensetzung des Igaster Tektites fällt vollständig in die von Sueß veröffentlichte Reihe von sieben neuern Analysen Budweiser und Trebitscher Moldavite, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt.

I bis III Moldavit von Radomilitz bei Budweis, Analysen von C. v. John.

IV Moldavit von Wittingau (?), Budweis, Analyse von J. Hanamann.

V Moldavit von Budweis, Analyse von C. v. John.

VI und VII Moldavite von Trebitsch, Analyse von C. v. John.

VIII Igast, Analyse von Grewingk Schmidt.

Igast wurde zumeist als Pseudometeorit angesehen.

Am 24. Januar des laufenden Jahres, abends 8 Uhr, fiel nach brieflicher Mitteilung des Herrn Dr. G. Brandes, Privatdozenten der Zoologie, in Halle a. S. ein Meteorit auf den gepflasterten Hof eines Bankhauses vor der Wohnung des Hausmannes, dessen Frau mit ihren beiden Kindern durch die Lichterscheinung erschreckt wurde. Erst am andern Morgen fand der Hausmann den Stein in der Größe einer Feige auf einem verkohlten Papier liegen. Auf Anfrage in der Zeitung meldeten sich noch vier Personen, die vom Zimmer aus die Lichterscheinung wahrgenommen hatten, und zwar von SO nach NW. Eine Familie (fünf Personen), die sich außerhalb der Stadt befand, hat auch eine Detonation gehört, die sie aber gar nicht in Verbindung mit der Lichterscheinung brachte, weil sie eine geraume Zeit später erfolgte (½ Minute). Der Stein ist durch und durch glasig, er gleicht einem Obsidian.

Die beiden sichern Fälle von Igast und Halle dürften nunmehr die letzten Zweifel an der aerolithischen Natur der Tektite beseitigen.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII Igast
SiO_2 . . .	82.28	77.75	77.69	81.20	82.68	78.61	77.96	80.87
Al_2O_3 . .	10.08	12.90	12.78	9.65	9.56	12.01	12.20	9.93
Fe_2O_3 . .	—	—	2.05	} 2.25	—	0.16	0.14	} 2.45
FeO . . .	2.03	2.60	1.45		1.13	3.09	3.36	
MnO . . .	—	—	—	0.11	0.18	0.11	0.10	0.20
CaO . . .	2.24	3.05	1.26	2.65	2.06	1.62	1.94	0.75
MgO . . .	0.98	0.22	1.15	1.80	1.52	1.39	1.48	1.58
K_2O . . .	2.20	2.58	2.78	2.34	2.28	3.06	2.70	3.13
Na_2O . .	0.28	0.26	0.78	—	0.63	0.44	0.61	0.76
Glühv. . .	0.06	0.10	—	—	—	—	—	0.32*
	100.15	99.46	99.94	100.00	100.04	100.49	100.49	99.99

* In Wasser Lösliches.

Fixsterne.

Der Katalog der veränderlichen Sterne der Sternwarte des Harvard-College zu Cambridge. [1])

Zu diesem Verzeichnisse gibt Prof. Pickering bereits ein Supplement, [2]) das seinem wesentlichen Inhalte nach hier folgt.

---

[1]) Vergl. dieses Jahrbuch **14**. p. 112.

[2]) Harvard Observatory Bull. Nr. 77.

Name	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Piscium . . .	0 17.2	+ 6 7	—	—	—	1903	Kosz
— Ursae Minoris .	1 22.6	+88 46	—	—	—	1903	Jost
— Sculptoris . .	22.6	—33 25	9.8	11.0	—	1903	de Sitter
RU Andromedae .	32.8	+38 10	9	13	265?	1903	Williams
— Andromedae .	2 11.4	+43 51	8.8	9.9	—	1903	Hagen
Z Cephei . . .	12.8	+81 13	9.5	<12.5	—	1903	L. Ceraski
R R Cephei . . .	29.4	+80 42	9	<13	390?	1903	L. Ceraski
X Camelopardali .	4 32.6	+74 56	9	13	152	1903	L. Ceraski
— Orionis . . .	5 27.0	— 4 31	14.0	<15	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.2	— 5 7	11.3	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.3	— 7 33	13.3	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	27.8	— 7 39	13.6	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	28 6	— 5 16	13.8	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.0	— 4 52	13 0	15.2	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.4	— 6 40	13 0	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	29.9	— 4 44	12.5	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.0	— 5 51	12.5	14 0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.3	— 5 50	12.0	14.5	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.3	— 4 50	12 7	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30.4	— 5 39	12.3	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	30 7	— 6 49	12.5	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	5 31.0	— 4 51	12.8	<15	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	31.0	— 6 55	12.5	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	31.2	— 6 46	12.6	<14	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	32.3	— 3 35	13 0	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	33.6	— 7 19	13 5	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	34 5	— 4 57	12 5	13.2	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	35.7	— 6 29	13.2	14.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36 0	— 8 9	13.0	15.0	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36 0	— 8 8	12.8	13.9	—	1903	Wolf
— Orionis . . .	36.6	— 4 11	9.8	<15	—	1903	Wolf
— Tauri	46.8	+15 58	—	—	—	1903	Fleming
— Geminorum .	6 19.8	+19 35	—	—	—	1903	Graff
Nova Geminorum	37 8	+30 3	5.0	?	—	1903	Turner
RS Geminorum .	55.2	+30 40	9.5	11	115?	1903	L Ceraski
Z Geminorum . .	7 1.6	+22 41	9.5	12	—	1903	Graff
R R Monocerotis .	12.4	+ 1 17	9 3	<15	336?	1903	L. Ceraski
R R Geminorum .	15.2	+31 4	10	11.5	0.3+	1903	L. Ceraski
— Canis Majoris .	17.3	—25 16	8.7	10.2	—	1903	de Sitter
Y Camelopardali .	27 6	+76 17	9.5	<11	3.3+	1903	L. Ceraski
— Puppis . . .	8 21 8	—39 43	—	—	—	1903	de Sitter
— Centauri . . .	13 7.6	—56 26	—	—	—	1903	Breslin
T Ursae Minoris .	32.6	+73 56	9	<13	323?	1903	L. Ceraski
S T Herculis . .	15 47.8	+48 47	7.4	8.1	R	1903	M. and K.
— Normae . . .	16 25.6	—46 43	8.8	10.0	—	1903	de Sitter
S U Herculis . .	17 44.7	+22 34	10	<12	—	1903	L. Ceraski
— Sagittarii . .	48.2	—24 49	9 3	<10.6	—	1903	de Sitter
— Sagittarii . .	17 57.2	— 24 30	11.2	13.8	—	1903	Wolf
— Lyrae . . .	18 37.6	+28 43	—	—	—	1903	Fleming
R Z Lyrae . . .	39.9	+32 42	9.9	11.2	0.5+	1993	Williams
R Y Lyrae . . .	41.2	+34 34	10	12	348?	1903	Williams
R X Lyrae . . .	50.4	+32 42	11	<15	250	1903	Seeliger
— Lyrae	19 10.4	+46 49	9.2	10 3	—	1903	Anderson
— Aquilae . . .	27.8	+10 19	11.5	15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	30.4	+ 7 2	12.5	14	—	1903	Wolf

Name	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Periode	Jahr der Entdeckung	Entdecker
	h m	° ′			d		
— Aquilae . . .	33.2	+ 12 42	13	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	34.0	+ 12 33	11.0	14 5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	34.3	+ 11 1	13	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	36.4	+ 7 40	11.5	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	38.1	+ 13 12	12.0	14.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	40.4	+ 8 22	11.0	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	41.8	+ 10 13	13.5	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	41.9	+ 10 33	14	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42 4	+ 7 14	11.5	13.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42.5	+ 12 22	11.5	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	42.8	+ 9 17	12.0	<15	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	19 43.7	+ 11 47	10 0	12.0	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	44.6	+ 12 14	11.0	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	46.0	+ 12 8	11.5	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	46.3	+ 12 34	11	<14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	48.7	+ 9 51	12	14	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.0	+ 10 4	12	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.1	+ 9 27	11	13	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.4	+ 7 24	11.5	12.5	—	1903	Wolf
— Aquilae . . .	49.5	+ 7 45	13	<14	—	1903	Wolf
V W Cygni . . .	20 11.4	+ 34 12	9.8	11.8	8.4÷	1903	Williams
— Capricorni . .	13.3	— 16 10	—	—	—	1903	Fleming
— Cygni	14.8	+ 37 8	—	—	—	1903	Wolf
V X Cygni . . .	53.6	+ 39 48	9	10	20	1903	Williams
— Cygni	21 0.4	+ 39 35	8.8	9.5	7.8+	1903	Williams
— Pegasi . . .	23 11.8	+ 10 4	—	—	—	1903	Fleming
— Ceti	54.5	— 25 0	9.7	<11.5	—	1903	de Sitter

Zu dieser Ergänzung ist folgendes zu bemerken: Der Stern Ursae minoris in AR 1h 22.6m D + 88° 46′ ist der Begleiter des Polarsternes. Seine Veränderlichkeit ist neuerdings wieder zweifelhaft geworden. Der Stern Geminorum AR 6h 19.8m D + 19° 31′ ist in der Bonner Durchmusterung enthalten, aber vielleicht nur irrtümlich. Er fehlt am Himmel.

Veränderliche Sterne in den Magellanischen Wolken. Das von Prof. Pickering gegebene[1]) Verzeichnis der veränderlichen Sterne in der kleinen Magellanischen Wolke ist folgendes:

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° ′				h m	° ′		
1	0 9.5	— 73 11	11.8	13.4	30	0 52.4	— 73 44	13.6	14.9
2	0 18.9	— 72 40	11.4	13.3	31	0 53.6	— 71 48	13.4	14.3
3	0 20.2	— 72 27	11.5	12.4	32	0 54.5	— 72 57	12.5	13.2
4	0 20.2	— 72 38	11.7	12.3	33	0 54.9	— 72 19	14.0	14.9
5	0 20.7	— 72 36	11.4	12.4	34	0 55.0	— 72 58	13.8	15.0
6	0 24.4	— 72 44	11.9	12.6	35	0 55.1	— 72 59	12.9	14.5
7	0 33.6	— 74 31	13.9	14.7	36	0 55.4	— 72 27	14.0	14.9
8	0 34.7	— 74 30	13.8	14.7	37	0 56.4	— 73 25	13.1	14.0

[1]) Harvard Observatory Circular Nr. 79.

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max	Min.
	h m	° '				h m	° '		
9	0 35.4	—72 34	12.0	13.2	38	0 56.5	—73 59	13.9	14.6
10	0 36.7	—74 14	13.0	14.4	39	0 57.7	—72 44	11.8	13.4
11	0 37.1	—74 16	12.0	13.7	40	0 57.8	—72 42	14.5	15.0
12	0 37.5	—71 10	13.6	14.4	41	0 58.4	—70 34	10.8	<14.5
13	0 38.0	—74 17	10.8	12.1	42	0 59.4	—72 31	13.7	15.2
14	0 38.3	—74 5	13.0	13.8	43	1 0.7	—73 7	13.4	14.9
15	0 40.1	—74 10	12.1	13.3	44	1 2.5	—72 56	13.7	14.5
16	0 43.3	—73 16	11.1	12.0	45	1 2.7	—74 11	13.4	14.2
17	0 44.8	—73 0	12.6	13.7	46	1 3.8	—73 48	11.9	13.2
18	0 45.6	—73 55	13.6	14.3	47	1 4.4	—73 45	12.0	12.9
19	0 45.9	—73 3	12.7	13.9	48	1 4.8	—72 3	12.9	13.7
20	0 46.4	—73 46	13.6	15.0	49	1 5.0	—74 16	12.9	13.5
21	0 46.8	—73 18	11.1	12.1	50	1 5.8	—72 35	13.4	14.7
22	0 47.2	—74 6	14.2	15.0	51	1 7.5	—73 8	13.3	14.3
23	0 47.7	—74 8	14.4	15.0	52	1 7.9	—77 23	11.0	13.4
24	0 47.8	—73 11	12.3	13.6	53	1 10.4	—73 3	13.4	14.3
25	0 49.3	—70 25	9.4	14.3	54	1 10.8	—72 13	12.9	14.7
26	0 50.3	—72 49	11.1	12.0	55	1 26.1	—74 18	11.2	12.0
27	0 50.7	—73 10	13.2	13.9	56	1 32.0	—75 43	11.0	12.5
28	0 52.4	—72 5	12.8	13.7	57	1 38.9	—75 1	11.6	12.5
29	0 52.4	—72 31	11.7	12.8					

Folgendes ist das von Prof. Pickering gegebene[1]) Verzeichnis der neu entdeckten Veränderlichen in der großen Magellanischen Wolke:

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° '				h m	° '		
1	4 55.2	—67 38	13.9	14.8	24	5 6.8	—68 48	13.7	14.8
2	4 55.4	—71 4	12.7	14.7	25	5 7.1	—68 33	14.4	15.0
3	4 55.8	—70 25	14.3	15.0	26	5 7.2	—70 56	13.7	15.0
4	4 57.1	—69 31	13.0	13.7	27	5 7.3	—68 44	14.3	15.0
5	4 57.3	—67 31	14.0	14.9	28	5 7.4	—69 1	13.0	14.7
6	4 57.5	—68 8	13.8	14.7	29	5 7.7	—70 10	12.2	13.6
7	4 58.6	—70 7	12.8	14.5	30	5 8.4	—69 22	13.9	14.9
8	4 58.8	—69 36	12.8	14.7	31	5 8.6	—70 34	13.0	13.8
9	4 59.2	—67 52	13.9	14.9	32	5 8.7	—70 47	13.7	14.8
10	4 59.6	—70 29	13.3	14.8	33	5 8.8	—68 54	12.2	14.4
11	5 0.3	—69 36	12.0	14.0	34	5 9.8	—68 52	13.6	15.0
12	5 0.5	—68 36	11.7	13.9	35	5 9.9	—69 2	13.9	15.0
13	5 1.9	—68 14	11.4	15.5	36	5 10.4	—67 58	13.8	14.1
14	5 2.3	—69 3	13.0	14.0	37	5 10.5	—69 7	14.4	14.9
15	5 2.9	—66 22	12.8	14.2	38	5 10.5	—70 34	12.5	13.7
16	5 2.9	—69 41	13.8	14.9	39	5 10.6	—68 48	14.3	15.0
17	5 4.3	—67 24	12.7	14.8	40	5 11.2	—69 16	13.3	14.6
18	5 4.3	—69 4	13.1	14.7	41	5 11.4	—68 14	13.9	14.4
19	5 4.6	—69 14	14.0	14.6	42	5 12.5	—69 13	14.1	14.8
20	5 4.7	—69 10	13.0	15.0	43	5 13.4	—69 13	14.4	15.0
21	5 4.8	—68 52	13.8	14.5	44	5 14.9	—69 19	14.2	14.7
22	5 6.6	—69 15	13.4	14.9	45	5 15.0	—67 34	13.5	14.8
23	5 6.7	—70 42	14.0	15.0	46	5 15.9	—69 20	14.6	15.0

[1]) Harvard Observatory Circular Nr 82.

Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.	Nr.	R. A. 1900	Dekl. 1900	Max.	Min.
	h m	° '				h m	° '		
47	5 16.0	— 69 11	14.3	15.1	100	5 28.4	— 67 8	13.9	14.7
48	5 16.1	— 70 14	13.9	15.0	101	5 28.4	— 69 55	14.2	14.7
49	5 16.3	— 69 22	14.4	15.0	102	5 28.8	— 70 5	13.2	14.8
50	5 16.4	— 69 10	14.3	14.9	103	5 29.0	— 69 53	14.1	15.0
51	5 16.6	— 69 34	14.2	15.0	104	5 29.5	— 69 45	14.4	<15.5
52	5 17.0	— 69 39	14.3	14.9	105	5 29.5	— 69 45	14.8	15.2
53	5 17.0	— 70 42	13.0	14.0	106	5 29.5	— 69 45	14.8	<15.5
54	5 17.2	— 69 50	14.7	15.3	107	5 29.6	— 70 2	13.8	15.0
55	5 17.4	— 70 24	14.5	15.1	108	5 29.8	— 69 55	14.1	15.1
56	5 17.5	— 69 26	14.4	15.1	109	5 30.2	— 67 37	14.4	15.0
57	5 17.9	— 70 52	13.6	14.5	110	5 30.2	— 69 50	14.1	14.9
58	5 18.7	— 67 19	12.9	14.0	111	5 30.5	— 69 13	13.8	14.1
59	5 19.3	— 68 20	14.1	14.7	112	5 30.6	— 70 18	14.7	15.2
60	5 19.4	— 70 52	14.4	15.0	113	5 31.0	— 69 31	13.3	14.2
61	5 19.9	— 69 42	13.6	14.6	114	5 31.0	— 69 57	14.0	15.0
62	5 20.6	— 69 16	14.0	14.9	115	5 31.2	— 67 30	13.1	14.3
63	5 20.6	— 68 2	14.2	14.7	116	5 31.3	— 70 9	14.6	15.2
64	5 20.8	— 68 10	14.2	14.6	117	5 31.3	— 70 42	14.4	15.1
65	5 20.9	— 69 42	14.1	14.9	118	5 31.4	— 70 1	14.1	15.2
66	5 21.3	— 70 8	14.3	15.1	119	5 31.6	— 66 34	12.4	14.2
67	5 21.7	— 69 9	12.9	14.0	120	5 31.6	— 70 2	14.5	14.8
68	5 21.8	— 69 54	13.9	15.0	121	5 31.6	— 70 10	14.4	15.1
69	5 22.8	— 69 3	14.2	15.0	122	5 31.7	— 70 0	14.8	15.2
70	5 22.9	— 69 28	14.8	15.1	123	5 32.2	— 70 9	14.7	15.1
71	5 22.9	— 70 15	14.6	15.2	124	5 32.7	— 70 0	14.7	15.2
72	5 23.0	— 69 4	14.4	15.1	125	5 33.1	— 67 59	13.1	14.1
73	5 23.1	— 69 4	14.3	15.0	126	5 33.4	— 68 15	13.6	14.8
74	5 23.5	— 70 41	14.7	15.4	127	5 34.3	— 67 41	13.7	14.7
75	5 23.6	— 69 43	14.2	14.8	128	5 34.6	— 67 53	13.6	14.4
76	5 24.2	— 69 59	13.9	14.8	129	5 34.6	— 68 3	14.0	14.8
77	5 24.6	— 70 5	14.7	15.2	130	5 35.5	— 67 48	13.6	14.2
78	5 25.1	— 68 16	14.9	15.3	131	5 35.9	— 66 46	12.2	13.8
79	5 25.1	— 69 54	14.3	14.9	132	5 36.1	— 68 36	12.3	13.4
80	5 25.2	— 68 17	14.8	15.2	133	5 36.2	— 67 0	13.8	14.8
81	5 25.4	— 69 18	14.1	15.0	134	5 36.8	— 68 53	13.0	14.6
82	5 25.4	— 67 44	11.7	12.8	135	5 38.1	— 69 32	13.4	14.8
83	5 25.5	— 70 1	14.3	15.0	136	5 38.6	— 68 8	13.9	14.9
84	5 26.0	— 67 26	12.8	14.6	137	5 38.6	— 70 19	14.5	15.0
85	5 26.3	— 69 49	14.8	15.1	138	5 38.7	— 70 18	14.9	15.2
86	5 26.4	— 69 10	13.8	14.8	139	5 39.0	— 70 5	14.4	15.1
87	5 26.8	— 69 59	14.3	14.9	140	5 40.0	— 70 22	14.2	15.1
88	5 26.9	— 69 56	14.5	15.1	141	5 40.0	— 70 42	14.4	15.2
89	5 27.2	— 69 41	13.9	15.0	142	5 40.3	— 67 53	13.2	14.2
90	5 27.2	— 69 53	14.8	15.2	143	5 40.4	— 70 23	14.5	15.0
91	5 27.4	— 69 48	14.4	14.9	144	5 40.5	— 69 6	14.0	14.5
92	5 27.6	— 66 58	13.0	14.1	145	5 40.7	— 70 24	14.6	15.1
93	5 27.7	— 67 21	13.8	<15.5	146	5 41.7	— 69 21	14.4	14.9
94	5 28.0	— 69 55	14.3	14.8	147	5 43.7	— 66 52	14.5	15.0
95	5 28.0	— 71 16	13.8	<15.2	148	5 44.0	— 70 10	13.9	14.7
96	5 28.1	— 70 24	14.9	15.3	149	5 44.3	— 68 43	14.2	14.7
97	5 28.1	— 69 55	14.3	14.8	150	5 45.3	— 69 34	14.6	15.1
98	5 28.1	— 68 28	13.8	14.4	151	5 46.3	— 69 16	14.4	14.9
99	5 28.3	— 69 48	14.7	15.1	152	5 47.2	— 68 12	13.2	14.4

Der Lichtwechsel von δ Cephei ist von S. Beliawsky untersucht worden [1]) auf Grund von Beobachtungen, die Prof. S. P. v. Glasenapp 1896 bis 1902 nach der Methode der Stufenschätzungen über diesen Veränderlichen angestellt hat. Es ergab sich, daß die Lichtkurve des Sternes Abweichungen von dem regulären Umlaufe zeigt, die nicht recht durch Beobachtungsfehler zu erklären sind. Schon Schoenfeld und Wilsing hatten ähnliche Wahrnehmungen gemacht. Nach den obigen Untersuchungen ist der Stern im Maximum 3.57, im Minimum 4.37 Größe, und die Zwischenzeit zwischen beiden beträgt 1^d 11.184^h. Die Dauer der Periode beträgt 5^d 8^h 47^m 38.697^s, oder 1.277^s weniger als nach Argelanders Bestimmung.

Der Lichtwechsel des Granatsternes μ Cephei. Dieser Stern 4. Größe in A. R = 21^h 40^m 27^s D. = + 58° 19.3 (für 1900.0) hat von W. Herschel wegen seiner roten Farbe den auszeichnenden Beinamen erhalten. Vermutungen über eine Veränderlichkeit seiner Helligkeit sind schon früher ausgesprochen worden. Eine genauere Untersuchung des Sternes nach dieser Richtung hin hat nunmehr Dr. J. Plaßmann ausgeführt. Gerade wegen der roten Färbung ist der Stern immer als ein schwieriges photometrisches Objekt angesehen worden. Der Lichtwechsel solcher Sterne kann nur bei anhaltender, eifriger Verfolgung das Gesetzmäßige allmählich erkennen lassen. Da Dr. Plaßmann bereits im Jahre 1896 durch die Diskussion seiner eigenen, damals 569 Beobachtungen umfassenden Reihe von dem Bestehen einer kleinen, aber deutlichen kurzperiodischen Schwankung Kenntnis erhielt, neben welcher größere säkulare Änderungen einhergehen, hat er die Argelanderschen Beobachtungen in derselben Weise berechnet und auch hier die Schwankung nachweisen können; ferner tritt sie in der Beobachtungsreihe von Julius Schmidt, der längsten von allen, deutlich zutage, und Plaßmanns fortgesetzte Beobachtungen, die die eigene Reihe nahezu auf die doppelte Länge der frühern Vorlage ausgedehnt haben, lassen das Fortbestehen des Gesetzes erkennen. Kleinere Reihen und zerstreute Beobachtungen von Heis, Gore, Hartwig, v. Stempell u. a. bestätigen mehr oder weniger gut die aus den größern gezogenen Ergebnisse.

1. Die größte in den 50er, 60er und 70er Jahren von Argelander festgestellte Helligkeit des Granatsternes beträgt etwa 3.7, die kleinste 4.7 Größenklasse der Potsdamer Skala. Für die Zeit von 1871 bis 1888 ist sie nicht zu ermitteln, weil die Beobachtungsreihe von Schmidt für die Ableitung absoluter Helligkeiten nicht brauchbar ist. In der Zeit von 1888 bis 1903 hat die Helligkeit sehr nahe dieselben Extreme gehabt wie bei Argelander; das folgt aus des Verfassers Beobachtungsreihe unter Berücksichtigung des systematischen Fehlers in der Rotauffassung.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3951.

2. Es besteht ein Lichtwechsel von langer Periode, die zu Argelanders Zeiten 400 bis 460 Tage betrug, nun aber auf etwa 1000 Tage angewachsen ist. Die Amplitude dieses Wechsels betrug damals und heute etwa eine halbe Größenklasse. Da die Maxima verschiedene Höhen erreichen, und zwar vermutlich in Abhängigkeit von einer größern Periode, wächst die Schwankung im ganzen auf eine volle Klasse an.

3. Neben den großen Perioden besteht eine kleinere, die um 1860 etwa 82^d betragen hat, von 1872 bis 1876 etwa 93^d mit progressiver Verlängerung, von 1888 bis 1903 recht genau 91.5^d. Ihre Amplitude ist von der Größenordnung der photometrischen Stufe. Zur Zeit, wo Schmidt beobachtete, und auch heute, scheinen zwei oder mehr Wellenreihen dieser Schwankung zu bestehen, von denen bald diese, bald jene deutlicher erkennbar ist. Die kleinen Variationen hängen nach Amplitude und Epoche von den großen ab, und die Abhängigkeit ist nicht einfach epizyklisch zu erklären.

4. Die Rotauffassung geübter Beobachter zeigt auch beim Granatsterne ziemlich konstante systematische Unterschiede; es wird daher unter gehörigen Vorsichtsmaßregeln erlaubt sein, gleichzeitig entstandene größere Beobachtungsreihen solcher zur Kurvenziehung zu kombinieren. Die Rotauffassung ungeübter Beobachter unterliegt systematischen Schwankungen, die aber den wahren Lichtwechsel des Granatsternes nicht ganz verdecken.

Neben fortlaufenden Beobachtungen der Helligkeit nach Argelanders Methode hält Plaßmann mit Recht eine genaue spektrale Untersuchung des Sternes für wichtig.

Der Veränderliche X Aurigae, den Dr. Anderson auf Grund seiner Beobachtungen von April bis Mai 1900 als solchen erkannte, ist bezüglich seines Lichtwechsels, der sehr merkwürdig erscheint, von Dr. K. Graff genauer verfolgt worden.[1] Der Ort des Sternes am Himmel ist für (1855.0)

$$AR = 6^h\,0^m\,54^s \quad D = +\,50°\,15.1'.$$

Die Beobachtungen von Dr. Graff erstrecken sich über den Zeitraum 1902 Februar 26 bis 1903 September 19, während dessen die Helligkeit des Veränderlichen zwischen 8.5 und 12.3 Größe schwankte. Die Dauer der Lichtwechselperiode fand sich zu 161 Tagen mit einem Minimum 1902 Oktober 6. Die Lichtkurve des Sternes hat große Ähnlichkeit mit derjenigen des Veränderlichen W Ursae majoris. Bei X Aurigae erfolgt die Zunahme des Lichtes schneller als die Abnahme (etwa 68 : 93 Tage), während bei W Ursae majoris das Umgekehrte der Fall ist. Sonst sind die Hauptmerkmale der Veränderlichkeit: ein fast ununterbrochener Lichtwechsel, die ungewöhnlich kurze Dauer des Minimums, sowie die langsame Helligkeitsänderung im

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3925.

Maximum, beiden Sternen gemeinsam. Aus Angaben Pickerings geht hervor, daß auch der ursprünglich dem Algoltypus zugezählte Veränderliche S Antliae eine ähnliche Lichtkurve besitzt wie W Ursae majoris und X Aurigae. „Von den beiden andern Veränderlichen," bemerkt Dr. Graff, „unterscheidet sich der letztere durch die lange Dauer der Periode und durch seine intensive gelbe Farbe. Die Erklärung seines Lichtwechsels auf Grund der Zöllnerschen Hypothese, deren Annahme in den beiden andern Fällen wegen der unauffälligen Farbe von S Antliae und W Ursae majoris unzulässig ist, würde daher hier auf keinerlei Schwierigkeiten stoßen. Es wäre jedoch müßig, schon jetzt Erklärungsversuchen für den eigenartigen Lichtwechsel der Veränderlichen von dem oben erörterten Typus nachzugehen, bevor man sich darüber Gewißheit verschafft hat, daß diese neue Art von Veränderlichen auch tatsächlich von einheitlichen Gesichtspunkten aus betrachtet und behandelt werden darf."

Der Lichtwechsel des Veränderlichen V Ursae majoris ist von Dr. K. Graff untersucht worden.[1]) Er findet aus der von ihm ermittelten Lichtkurve zwischen 1902 Dezember 11 und 1903 Oktober 7, daß der Stern bis Anfang März eine konstante Helligkeit besaß, um nach Abnahme derselben um eine Größenklasse Anfang Juni wieder die ursprüngliche Helligkeit anzunehmen. Eine weitere Lichtabnahme machte sich erst wieder nach Mitte September bemerkbar. Das gleichmäßige Leuchten des Sternes wird somit von einem rund 98 Tage dauernden Lichtwechsel unterbrochen, so daß man den Veränderlichen den Algolsternen zuzählen könnte. „In bezug auf die Länge der Periode übertrifft der neue Algolveränderliche V Ursae majoris die längste bis jetzt bekannte (UZ Cygni mit 31^d) um mehr als das Sechsfache. Weit merkwürdiger ist die Tatsache, daß der eigentliche Lichtwechsel fast die Hälfte der ganzen Periode beansprucht, und daß diese Erscheinung bei der üblichen Deutung der Helligkeitsänderungen der Algolsterne durch ein Doppelsternsystem eine ungewöhnlich geringe Distanz der Komponenten voraussetzen würde. Da der Stern weiß, höchstens gelblichweiß ist, so kann auch anderseits die Rotation eines zum Teil mit einem Erstarrungsprodukte bedeckten, selbstleuchtenden Körpers hier kaum zur Erklärung des Lichtwechsels herangezogen werden."

Ein Zwischenminimum des langperiodischen Veränderlichen UZ Cygni hat Ernst Hartwig beobachtet.[2]) Der Veränderliche gehört zum Typus der Algolsterne, und seine Periode ist die längste unter den bekannten dieses Typus, nämlich 31.4 Tage, auch der Lichtwechsel erheblich, indem er 2.7 Größenklassen beträgt. Dr. Hartwig

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3941.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3944.

fand 1904 April 3 früh morgens, daß der Stern ein Zwischenminimum von einer kaum mehr als 0.4 Größenklasse betragenden Schwächung des gewöhnlichen Maximallichtes zeigte. Am 4. und 5. April war der Stern wieder in seinem größten Lichte. Eine ähnliche Erscheinung hat Dr. Hartwig am 23. März 1903 beobachtet. Derselbe Beobachter bemerkt, daß dieser Lichtwechsel nicht durch den Umlauf eins Trabanten erklärt werden könne. „Dagegen", sagt er, „scheint die birnenförmige Poincarésche Gleichgewichtsfigur den Lichtwechsel dieses schon wegen der langen Periode außerordentlich interessanten Algolsternes darstellen zu können. Der Durchmesser des Teiles beim Stiele müßte zu dem des abgestumpften Teiles das Verhältnis 0.96 : 1, die Längsachse zur Querachse etwa das Verhältnis 1.7 : 1 haben, und das Stielende relativ dunkel gegen die Helligkeit der übrigen Oberfläche sein.

Jedenfalls scheint nach den bis jetzt bekannten Lichtverhältnissen kein getrenntes Doppelsternsystem in diesem bisher als Algolstern angesehenen Veränderlichen vorzuliegen, sondern ähnlich wie beim β Lyratypus die Rotation einer Art ungetrennten Doppelkörpers die Ursache des Lichtwechsels zu bilden, deren Dauer wenig größer als die der Rotation der Sonne ist."

Benennungen von neu entdeckten veränderlichen Sternen hat die von der astronomischen Gesellschaft zur Herstellung eines Normalkataloges der Veränderlichen eingesetzte Kommission bei den in den letzten Jahren neu entdeckten Sternen dieser Klasse vorgenommen.[1]) Die Kommission ist bei der Benennung sehr vorsichtig verfahren; sie hält es für richtiger, die nicht vollkommen gesicherten Sterne noch etwas länger zurückzustellen als sie vorzeitig in das Verzeichnis der bekannten Veränderlichen einzureihen, auf die Gefahr hin, sie später vielleicht wieder daraus entfernen zu müssen. Die zahlreichen Veränderlichen, welche gruppenweise vor einiger Zeit im Orionnebel, in den Magellanischen Wolken und an einigen andern Stellen am Himmel entdeckt worden sind, sollen nicht in der gewöhnlichen Weise mit Buchstaben benannt, sondern in Gruppen zusammengefaßt und innerhalb der einzelnen Gruppen mit fortlaufenden Nummern versehen werden, ähnlich wie es bei een Veränderlichen in den Sternhaufen beabsichtigt ist.

Die Anordnung in dem folgenden Verzeichnisse ist dieselbe, wie in den früher von der Kommission veröffentlichten Benennungslisten. Am Schlusse des Verzeichnisses sind noch kurze Bemerkungen hinzugefügt, welche alles wesentlichc enthalten, was bisher über die einzelnen Objekte bekannt geworden ist, die aber hier fortbleiben. In der letzten Spalte bedeutet v, daß die Helligkeit für das Auge gilt, ph, daß es sich um photometrische Größen handelt.

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3984.

Nr.	Prov. Bez. A. N.	Name	Position 1900.0 RA.	Position 1900.0 Dekl.	Präzession 1900 RA.	Präzession 1900 Dekl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′			
1	60.1903	V Piscium	0 17 15	+ 6 7.2	+3.08	+0.33	9.5	12	v
2	156.1904	Z Ceti	1 1 39	− 2 1.0	+3.06	+0.32	9	12	v
3	23.1903	RS Sculptoris	1 22 31	−33 25.6	+2.76	+0.31	10	< 11	v
4	17.1904	RV Andromedae	2 4 34	+48 27.6	+3.85	+0.29	8½	10½	ph
5	16.1904	RS Persei	2 15 20	+56 39.1	+4.20	+0.28	8	10	ph
6	1.1904	RR Persei	2 21 44	+50 49.4	+4.02	+0.27	9	< 13	ph
7	155.1904	RT Persei	3 16 44	+46 12.2	+4.13	+0.22	9.5	11	ph
8	2.1904	RT Tauri	4 58 10	+23 30.4	+3.63	+0.09	9	10	v
9	11.1904	X Orionis	5 32 36	− 1 49.9	+3.03	+0.04	11	< 14	ph
10	20.1904	RU Tauri	5 46.9	+15 57	+3.45	+0.02	12	14.5	ph
11	157.1904	RS Aurigae	5 56 27	+46 16.1	+4.47	+0.01	9.2	10.5	ph
12	133.1904	RR Aurigae	6 4.8	+43 11	+4.33	−0.01	?	?	ph
13	12.1904	RT Geminorum	6 40.7	+18 44	+3.52	−0.06	10	< 15	ph
14	10.1904	RS Monocerotis	7 2 11	+ 5 8.7	+3.19	−0.09	9	< 10.11	v
15	141.1904	RV Geminorum	7 11 56	+24 6.1	+3.64	−0.10	10	< 15	ph
16	24.1903	T Canis majoris	7 17 18	−25 15.6	+2.48	−0.11	9	10.5	v
17	15.1904	RU Geminorum	7 21 0	+21 38.4	+3.57	−0.12	12.13	14	v
18	3.1904	Y Cancri	7 58 37	+20 24.7	+3.50	−0.17	12	14	ph
19	183.1904	Z Camelopardalis	8 14 5	+73 25.6	+6.82	−0.18	10	13	ph
20	—	X Ursae majoris	8 33.9	+50 29	+4.34	−0.21	9	< 12	ph
21	19.1904	S Leonis minoris	9 47 46	+35 23.9	+3.59	−0.28	8	9	v
22	24.1904	RZ Carinae	10 32.8	−70 12	+1.69	−0.31	9	< 13	ph
23	25.1904	Z Ursae majoris	11 51 17	+58 25.7	+3.16	−0.33	?	?	ph
24	134.1904	Y Ursae majoris	12 35 47	+56 23.7	+2.76	−0.33	8	9	ph
25	113.1904	U Ursae minoris	14 14.9	+67 10	+1.31	−0.28	8.5	12	ph
26	135.1904	RY Centauri	14 43.3	−42 5	+3.86	−0.25	?	?	ph
27	26.1903	Y Normae	16 25 39	−46 43.7	+4.37	− 0.14	8.8	10	v
28	18.1904	RU Ophiuchi	17 28 8	+ 9 29.9	+2.85	− 0.05	9	12	ph

50	163.1904	W Lacertae	22	3	11	+37	15	+2.58	+0.29	9.10	12.13	ph
51	142.1904	RU Pegasi	22	9	9	+12	12.4	+2.94	+0.30	9.4	11.5	v
52	159.1904	RV Pegasi	22	21	2	+29	57.9	+2.75	+0.30	9	$<$11	ph
53	86.1903	T Tucanae	22	33	58	−62	4.5	+4.00	+0.31	8	$<$14	v
54	110.1904	V Lacertae	22	44	33	+55	47.6	+2.44	+0.32	8.5	9.5	ph
55	34.1904	RW Pegasi	22	59.2		+14	45	+2.98	+0.32	9	12	ph
56	108.1904	RS Cassiopejae	23	32	33	+61	52.6	+2.77	+0.33	9	11	ph
57	160.1904	RT Cassiopejae . . .	23	41	26	+53	57	+2.92	+0.33	10	$<$12	ph
58	28.1903	Y Ceti	23	54	27	−24	59.1	+3.09	+0.33	9.8	$<$11.5	ph

Eine spektrographische Studie über β Lyrae veröffentlichte W. Sidgreaves S. J.[1]) Er betont in derselben, daß, je länger das Spektrum dieses Sternes studiert wird, um so deutlicher die Notwendigkeit erscheine, die photographischen Aufnahmen zu vermehren. Nach seiner Ansicht muß ein entsprechend eingerichteter Telespektrograph so häufig zu diesen Beobachtungen angewandt werden, bis für jeden Tag des Lichtwechsels von β Lyrae eine Reihe von Aufnahmen zum Vergleiche untereinander vorliegen. Es scheint, daß auf der Oberfläche dieses Sternes temporäre Störungen vorkommen, ähnlich denjenigen auf unserer Sonne, wodurch die Wasserstofflinien distordiert werden.

Helligkeitsbeobachtungen der Nova Persei hat M. Esch S. J. in der Zeit von 1901 Juli 8 bis 1902 März 2 durch Stufenschätzungen gegen benachbarte Sterne angestellt.[2]) Die Nova war anfangs noch 6.3 Größe, sank dann aber im zweiten Drittel des März 1902 zur 9. Größe herab.

Eine neue Deutung der Spektra der neuen Sterne gab Prof. G. Ebert.

Die spektroskopischen Untersuchungen des Lichtes der neuen Sterne haben bekanntlich ergeben, daß in diesen Spektren die hellen Linien gegen das rote, die dunkeln gegen das violette Ende des Spektrums verschoben erscheinen. Die Deutung dieser stets wiederkehrenden Erscheinung hat nicht nur die anfängliche Hypothese eines Zusammenstoßes zweier mit entgegengesetzten Bewegungsrichtungen versehener Weltkörper zurückgeschoben, sondern überhaupt Schwierigkeiten gemacht, die noch nicht gehoben sind. Sie werden dieses erst auf Grund umfassender Versuche im physikalischen Laboratorium, zu denen man in der Tat übergegangen ist. Über solche Versuche hat Dr. H. Ebert bereits vor zwei Jahren der Kgl. bayerischen Akademie berichtet, und derselbe gibt jetzt eine Darstellung, die sich auf diese und ähnliche Versuche stützt und gleichzeitig die von Prof. v. Seeliger aufgestellte Hypothese über das Wesen der neuen Sterne bestätigt. Aus der Abhandlung von Dr. Ebert ist nachstehend das wesentliche mitgeteilt.

„Zu den eigentümlichsten Phänomenen der gesamten Astrospektralanalyse“, sagt er, „gehören unzweifelhaft noch immer die Spektren der neuen Sterne. Je mehr Einzelheiten die großen spektrophotographischen Hilfsmittel der Neuzeit in diesen Spektren, namentlich in denen der Nova Aurigae und der Nova Persei kennen gelehrt haben, um so weniger erscheinen dieselben miteinander vereinbar und durch einfache Annahmen erklärbar. Schon der Grundtypus dieser Spektren, das aus hellen, gegen das Rot zu verschobenen Linien und gleichzeitig damit auftretenden dunkeln, gegen das Violett hin verschobenen Linien desselben Stoffes bestehende kombinierte Doppelspektrum, schien nach dem Dopplerschen Prinzip das Vorhandensein von mindestens zwei Weltkörpern zu fordern, von denen der eine sich mit großer Geschwindigkeit von uns weg, der andere zu uns her bewegen mußte; warum der eine aber nur durch Emissions-, der andere durch Absorptionslinien ausgezeichnet sein sollte, bot wiederum der Erklärung große Schwierigkeiten. Als sich vollends heraus-

[1]) Monthly Notices 1904. 64. 3. p. 168.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3943.

... Stoffe, ja die Verschie-
... toffes, nach dem Dopp-
... kgeführt, verschiedene
... Vorzeichen nach über-
... prinzipien hingewiesen.
... rums der neuen Sterne
... hochgespannten Ent-
... oden unter Wasser vor
... he mit denen der neuen
... nnte Forscher die hier
... führt, so dürfte diese
... hgespannten Wechsel-
... stäben mit abgeflachten
... auftretenden Spektral-

... ssehen der Spektral-
... in Flüssigkeiten über-
... Drucksteigerungen und
... iterungen zur Deutung

... ten mich meine eigenen
... nkenstrecke am Boden
... aren Haltern von oben
... gel befestigte und diesem
... eine Spiegelglasscheibe
... wurde also durchweg
... das Licht auf den bald
... enen bei den Versuchen
... nten ein Rohr angelötet,
... nikation mit dem die
... efäße herstellte. Durch
... üssigkeitsniveau in dem
... scheinung zu studieren,

während die Funkenbahn mehr oder weniger tief in die Flüssigkeit versenkt war, oder die Flüssigkeitsoberfläche eben berührte, oder endlich ganz außerhalb derselben lag. Die Entladungen wurden durch eine große Töplersche Influenzmaschine geliefert; vor die Funkenstrecke wurde ein Funkenmikrometer geschaltet, durch welches die Entladungsspannung immer auf dieselbe Höhe einreguliert wurde. Das Ergebnis vieler Versuche mit dieser Anordnung war, daß Druckwirkungen zur Erklärung der Erscheinungen nicht ausreichen."

Dr. Ebert greift daher auf ein anderes Erklärungsprinzip zurück, welches die bei den Versuchen auftretenden enormen Linienverschiebungen und ebenso das Auftreten der charakteristischen Doppelspektren in ungezwungener Weise deutet. Es ist die anomale Dispersion, welche gewisse absorbierende Medien auf den Gang der Lichtstrahlen ausüben, und welche W. H. Julius bereits wiederholt zur Erklärung von Erscheinungen auf der Sonne, besonders der Protuberanzen mit Glück herbeigezogen hat. Ebert zeigt nun, daß anomale Brechungen des Lichtes in absorbierenden Dampfhüllen unter Umständen auch die Helligkeitsverteilung im Spektrum in der Umgebung der Gebiete stärkster Absorption sehr wesentlich beeinflussen, und zwar derart, daß das Spektrum so erscheint, wie man es bei den neuen Sternen als typisch festgestellt hat. Bei der Anwendung auf die Phänomene der neuen Sterne gewinnt die vorgetragene Anschauung deshalb noch eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, weil sie die unmittelbare Ergänzung und eine notwendige Konsequenz derjenigen Theorie darstellt, welche seither sich dem genannten Phänomene gegenüber in allen übrigen Punkten als am meisten stichhaltig erwiesen hat, nämlich der Seeligerschen Theorie der neuen Sterne. Ebert erläutert dies in folgender Weise näher:

„H. v. Seeliger nimmt an, daß beim Aufleuchten eines neuen Sternes ein an sich bereits dunkler oder nur schwach leuchtender kompakter Weltkörper mit kosmischer Geschwindigkeit in eine an sich ebenfalls nicht oder nur schwach leuchtende ausgedehnte Staubwolke hineinfährt. Fast täglich belehrt uns die Himmelsphotographie, daß kosmische Staub- oder Nebelgebilde viel häufiger im Weltraume vorhanden sind, als man früher nur irgend geahnt hat. Anderseits hat besonders die Nova Persei die enge Beziehung der neuen Sterne zu solchen Nebelgebilden auf das augenfälligste dargetan.

Bei den großen relativen Geschwindigkeiten zwischen Weltkörper und Staubteilchen gegeneinander, muß sich der Körper an seiner Stirnseite oberflächlich stark erhitzen; aber auch die von ihm getroffenen und vor ihm verdichteten Teile der Staubwolke müssen eine große Temperaturerhöhung erfahren, wie sie Seeliger a. a. O. unter durchaus plausiblen Annahmen für einige Fälle berechnet. Diesen Erhitzungen müssen Verdampfungen parallel gehen. Am ehesten und am reichlichsten werden diejenigen Substanzen verdampfen, welche den niedrigst gelegenen Kondensationspunkt besitzen, das sind Helium und Wasserstoff. Von diesen muß zuerst eine dichte Hülle den Körper begleiten, später kommen Metalldämpfe in reichlicherm Maße hinzu. Das Phänomen stellt hiernach im Bereiche des Fixsternsystemes im Großen das dar, was wir im Kleinen beim Aufleuchten eines Meteors in den höhern Schichten unserer Erdatmosphäre beobachten. Auch hier müßten daher ähnliche Spektralerscheinungen zu finden sein wie bei den neuen Sternen, da die Ursachen derselben — nach unserer Auffassung die Lichtbrechungen in den Dampfhüllen — wohl dem Grade, nicht aber der Art nach verschieden sind. Freilich sind sie hier ungleich schwieriger zu beobachten und daher wohl auch noch nicht, soviel mir wenigstens bekannt ist, beobachtet. Der Grund liegt in der großen Flüchtigkeit der Erscheinung; während die neuen Sterne oft über Jahresfrist hinaus helleuchtende Objekte am Himmel darstellen, ist die Dauer selbst der hellsten Boliden oder Feuerkugeln nur auf Sekunden beschränkt. Solange also, als nicht einmal der Zufall ein Meteor von genügender Helligkeit über die Platte einer sternspektrographischen Aufnahme führt, muß diese Prüfung der Theorie abgewartet werden.

Verfolgen wir den Entwicklungsgang einer Nova etwas näher: Zunächst

wird bei dem Eintreten des Körpers in die kosmische Staubwolke ein ziemlich plötzliches Aufleuchten am Himmel uns den Eintritt dieser Kollision anzeigen; dieselbe ist, wie schon Seeliger hervorhob, unendlich viel wahrscheinlicher als die zweier Weltkörper gegeneinander oder auch nur die eines solchen Körpers mit den Gliedern eines andern Sonnensystemes. Dabei wird sich im wesentlichen zunächst nur ein kontinuierliches Spektrum mit immer weiter ins Ultraviolett sich erstreckendem Strahlenbereiche ergeben. Sehr bald müssen aber in der Staubwolke Vergasungen der kleinen Partikeln eintreten; eine mehr und mehr sich ausdehnende absorbierende Dampfhülle zunächst von Helium und Wasserstoff, dann von Metallen, legt sich um den Körper. Die Anordnung derselben müssen wir uns ähnlich wie die der Verdichtungswellen um ein mit großer Geschwindigkeit durch die Luft fliegendes Rundgeschoß vorstellen, wie sie durch photographische Momentaufnahmen bei Funkenlicht vielfach veranschaulicht worden ist. Stellt in Fig. 1 W den in der Pfeilrichtung durch den Nebel sich bewegenden Körper dar, so wird auf der in der Bewegungsrichtung liegenden Kalotte C, der Stirnseite, die maximale Lichtentwicklung stattfinden. Außer in dem an sich nur wenig wahrscheinlichen Falle, daß der Körper genau auf uns zukommt, werden wir diese hellste Partie C immer nur mehr oder weniger schräg durch die Hülle verdichteter Gase und Dämpfe hindurch erblicken. Steht also die Erde etwa in der Richtung E, so werden die in die Figur 1 eingezeichneten Strahlen den Lichtweg bezeichnen, den die von den einzelnen Absorptionslinien eines bestimmten Stoffes, etwa des Wasserstoffes, nach dem Rot zu gelegenen Spektralfarben nehmen. Selbst für den Fall, daß der Beobachter hinter dem Sterne in der Richtung irgend einer der in der Figur angedeuteten Schichtflächen selbst steht, wird noch ein ähnlicher Strahlengang resultieren. Denn ein von ihm gegen den Stern gezogen gedachter Strahl, der in die tangentiale Trennungsfläche zweier Schichten eintritt, wird nach der Seite der wachsenden Brechungsexponenten, im vorliegenden Falle also nach innen hin gebogen. Umgekehrt werden die von den erhitzten Oberflächenpartien emittierten Strahlen durch die entsprechende Umbiegung in das Auge des Beobachters gelangen.

Ganz anders liegt der Fall für die höhern Schwingungen, für welche die äußersten Schichten die optisch dichtesten, die weiter nach innen gelegenen aber solche mit immer kleinern Brechungsexponenten sind. Strahlen dieser Art, die von E kommen, müssen in der Dampfhülle etwa den durch die gestrichelten Linien angedeuteten Weg nehmen, für sie verdeckt also der kompakte Körper W selbst den größten Teil der an der Stirnfläche C sich entwickelnden Leuchtprozesse. Selbst in dem Falle, daß E der Bewegungsrichtung von W viel näher liegt, als in der Figur angenommen ist, werden die Strahlen, für die der Brechungsindex n größer als 1 ist, mehr Licht dem Beobachter zuführen als die Strahlen mit solchen unter 1. In dem Spektrum müssen also die Absorptionslinien derjenigen Stoffe, aus denen die Hülle hauptsächlich zusammengesetzt ist, stark nach dem Violett zu verbreitert erscheinen; ein dunkler Schatten legt sich hier scheinbar über das dem ganzen zugrunde liegende kontinuierliche Spektrum; die Mitte der Linie ist stark nach dem Violett zu verschoben. Nach dem Rot hin scheint dagegen dem hellen Hintergrunde ein noch helleres Band aufgesetzt zu sein, dessen Intensität nach dem Rot hin sich allmählich verliert und nach dem Violett zu, also gegen die Absorptionslinie hin scharf abfällt; die hellste Kante dieses Bandes liegt dem normalen Linienorte sehr nahe mit einer nur geringen Verschiebung gegen das Rot hin. Die Helligkeit dieses Bandes kann fast so steil ansteigen wie die Dispersionskurve selbst. Es kann für diese Strahlen mit einem $n > 1$ bei der Schichtung der Dampfhülle aber noch ein anderer Fall eintreten, der besonders im Auge zu behalten ist, nämlich der, daß die Strahlen mit höchsten n-Werten überhaupt nicht austreten, sondern total reflektiert werden. Hier wächst dann die Helligkeit nur bis zu einem bestimmten maximalen Betrage, der für einen größern Wellenlängenbereich etwa der gleiche bleibt; es entsteht ein breites helles Band von

nahezu gleichmäßiger Intensität, welches gegen Violett zu scharf begrenzt ist, sich gegen das Rot hin allmählich in der allgemeinen Helle des kontinuierlichen Spektrums verliert. Die Mitten dieser Bänder sind dann stark gegen Rot zu verschoben.

Für alle diese im vorstehenden skizzierten Fälle finden sich in der Literatur über die verschiedenen Novae zahlreiche Beispiele, die einzeln hier zu belegen, zu weit führen würde.

Neben den verbreiterten, verwaschenen und stark verschobenen hellen und dunkeln Linien, die wir uns in dieser Weise entstanden denken, können natürlich auch scharfe und schmale eigentliche Emissions- und Absorptionslinien auftreten, die teils von der Gashülle, teils von dem Weltkörper selbst herrühren. Die aus diesen schmalen und aus den breiten Linien nach dem Dopplerschen Prinzip hergeleiteten Bewegungsgeschwindigkeiten werden aber im allgemeinen niemals identische Werte ergeben können.

Ein wesentlicher Vorteil der Seeligerschen Theorie liegt außer in ihrer großen Einfachheit und Natürlichkeit in der ungeheuern Fülle von Einzelmöglichkeiten, welche sie zuläßt. Kommt der Weltkörper auf uns zu, haben wir vor ihm also eine verhältnismäßig dünne Dampfschicht, so kann das kontinuierliche Spektrum und einzelne helle Linien vollkommen dominieren, die Linienverdopplung ist nur angedeutet. Bewegt er sich von uns weg, so sehen wir ihn durch immer dicker werdende Dampfschichten hindurch, so daß die Linienverschiebung sich bis zu einem außerordentlichen Betrage steigern kann. Es kann dann ein sehr plötzlicher Wechsel eintreten, indem sich Dampfmassen losreißen und zurückbleiben, ja es kann zu periodischen Aufhellungen kommen, wie wir dies auch bei den Meteorerscheinungen in unserer Atmosphäre beobachten; mit diesen Aufhellungen können entsprechende periodische Änderungen im Spektrum parallel gehen.

Aber auch durch die verschiedenen Dichten der kosmischen Staubwolken und Dichtevariationen innerhalb derselben Wolke längs der Bahn, in der sie der Körper passiert, und dessen relativer Geschwindigkeit sind neue Möglichkeiten der Einzelerscheinungen gegeben. Die Stellen relativer Maximaldichte einer solchen Wolke werden sich im allgemeinen auf einer Oberfläche doppelter Krümmung vorfinden, so daß der Körper mehrere Gebiete erhöhter Dichtewerte nacheinander durchstoßen kann. Für uns lagern sich dann mehrere der geschilderten Spektralerscheinungen übereinander. Dadurch erklären sich sehr leicht die sekundären Intensitätsmaxima und -minima, welche sich den verbreiterten hellen und dunkeln Linien in den Spektren der neuen Sterne gelegentlich superponieren.

Hat der Weltkörper die Staubwolke verlassen, so kann seine Helligkeit verhältnismäßig sehr rasch wieder sinken, wenn es, wie hier angenommen, wesentlich nur seine oberflächlichsten Schichten waren, die bei der Kollision mit den Staubteilchen erhitzt wurden, eine Erscheinung, die ebenfalls für die neuen Sterne sehr charakteristisch ist.

Auf eins soll noch hingewiesen werden, was die hier entwickelte Ansicht von einer ganz andern Seite her stützt: die innige Beziehung der neuen Sterne zu Nebelgebilden, wie sie namentlich bei der Nova Persei zutage getreten ist und die entsprechende große Verwandtschaft der Spektren der neuen Sterne mit denen verschiedener Nebel.

Auch auf eine Reihe von veränderlichen Sternen von kurzer Periode, in deren Spektren periodische Linienverschiebungen vorkommen, kann die hier auseinandergesetzte Vorstellung Anwendung finden. Ist die Lichtemission eines Weltkörpers an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche wesentlich verschieden, und ist er von einer dichten Dampfatmosphäre umhüllt, so muß er bei seiner Rotation einem fernen Beobachter ein in seiner Ausbildung wechselndes Phänomen von der Art des geschilderten mit seinen Linienverschiebungen und Verdopplungen darbieten; die Periode desselben wird dann diejenige seiner Achsendrehung sein. Wir bedürfen also in diesem Falle nicht unbedingt der

Annahme zweier Weltkörper, von denen sich der eine auf uns zu, der andere von uns weg bewegt.

Es soll indessen durchaus nicht geleugnet werden, daß in allen den genannten Fällen daneben tatsächlich auch Linienverschiebungen eine Rolle spielen, welche teils aus Bewegungen im Visionsradius nach dem Dopplerschen Prinzip, teils aus Drucksteigerungen zufolge der darüber bekannten Laboratoriumserfahrungen resultieren. Durch das Vorstehende sollte hauptsächlich gezeigt werden, daß neben Bewegung und Druck auch die anomalen Brechungen bei der Deutung der Spektralerscheinungen cölestischer Objekte mit in Betracht zu ziehen sind.

Beobachtungen von 100 neu entdeckten Doppelsternen auf der Licksternwarte. W. J. Hussey veröffentlichte den siebenten Katalog von Doppelsternen, die am 12- und 36-zölligen Refraktor, sowie bei gelegentlicher Benutzung anderer großer Instrumente von ihm entdeckt worden sind. [1]) Es sind sämtlich Paare, deren Hauptstern in der Bonner Durchmusterung vorkommt und höchstens siebenter Größe ist. Bei 47 Paaren beträgt die Distanz weniger als 1″, bei 27 unter 0.5″. Unter ihnen befindet sich der Struvesche Doppelstern Σ 1718 ($\alpha = 13^h\ 1^m\ 7^s$ $\delta = +51°\ 31.4'$), dessen Hauptstern neunter Größe von Hussey in zwei Sterne 9.5 und 10.5 Größe zerlegt wurde, deren Distanz 0.34″ beträgt.

Doppelsternmessungen am 40-zölligen Refraktor der Yerkessternwarte. [2]) In den Jahren 1900 und 1901 hat S. W. Burnham eine große Anzahl von Doppelsternmessungen ausgeführt, die sich auf solche Paare bezogen, welche lange nicht beobachtet worden sind. Dieselben gehören meist den Katalogen von Herschel und South an, beziehen sich aber auch auf Doppelsterne, die in Cincinnati und Cambridge (N.-A.) gefunden worden sind, auch einige neue Paare hat Burnham bei dieser Gelegenheit entdeckt, obgleich er nicht beabsichtigte, nach neuen Doppelsternen zu suchen. Im ganzen ist dadurch die Anzahl der von ihm selbst entdeckten und meist sehr schwierigen Doppelsterne, auf 1308 gestiegen. Von den neu entdeckten sind folgende Hauptsterne dem bloßen Auge sichtbar.

β 1295. 2 Camelopardali ($\alpha = 4^h\ 50^m\ 27^s$ $\delta = +53°\ 14'$). Der Hauptstern ist 5. Größe und hat einen Begleiter 7. Größe in d = 0.21″ Distanz p = 140.4° (1901.80). Ein von Struve entdeckter Begleiter steht in d = 1.54″ p = 288.7°, ein anderer in d = 23.26″ p = 212.8°. Letzterer wurde von Burnham am 36-Zöller entdeckt.

β 1300. 30 Sagittarii $\alpha = 18^h\ 43^m\ 38^s$ $\delta = -22°\ 15'$). Der Hauptstern ist 6. der Begleiter 13. Größe. Burnhams Messungen ergaben für 1901.18 folgende Stellung des Begleiters.

d = 21.46″ p = 246.6°.

---

[1]) Lick Observatory Bulletin Nr. 57.

[2]) Publications of the Yerkes Observatory. 2.

β 1307. 53 Aquarii (α = 22h 20m 3s δ = — 17° 21'). Von Herschel und South als Doppelstern erkannt A 5., B 6. Gr. Burnham entdeckte noch zwei Begleiter C und D 12.9 und 13.9 Gr. und gibt folgende Messungen:

A und B	1900.73	d = 6.93″	p = 309.4°
B und C	1901.09	= 46.66	= 339.1
C und D	1901.08	= 1.83	= 101.4

C und D bilden ein sehr schwierig zu messendes Paar.

Das Massenverhältnis der Komponenten des Doppelsternes p Ophiuchi ist von Adalbert Prey bestimmt worden.[1]) Er kommt zu dem bemerkenswerten Resultate, daß der Schwerpunkt in $^4/_5$ der Distanz, dem Begleiter also näher liegt als dem Hauptsterne, so daß die Masse des Begleiters viermal so groß ist als die des Hauptsternes. Mit Schurs Parallaxe 0.16″ sind die beiden Massen bezüglich gleich 0.32 und 1.28 Sonnenmassen. Wir finden somit hier wieder eines jener Beispiele, welche zeigen, daß in der Fixsternwelt Masse und Helligkeit keineswegs proportional sind. Der bekannteste Fall dieser Art ist Sirius, dessen Begleiter, obwohl nur 2½mal kleiner, ein Stern der 9. Größe ist. Auch Procyon übertrifft seinen Begleiter, der 13. Größe ist, nur siebenmal an Masse. Im vorliegenden Falle ist die größere Masse die lichtschwächere.

Die Bahn des Siriusbegleiters ist von Dr. O. Lohse neu berechnet worden.[2]) Da dieser Begleiter nach dem Periastron (1894) bereits im Jahre 1896 wieder mit Sicherheit gesehen werden konnte, und seit dieser Zeit bis 1903 zahlreiche Beobachtungen mit den mächtigen amerikanischen Instrumenten vorliegen, so ist es interessant, eine Bahn zu ermitteln, bei deren Berechnung die neuern Beobachtungen sämtlich berücksichtigt sind. Es hat der Siriusbegleiter seit seiner Entdeckung 1862 nun bald einen ganzen Umlauf vollendet, und es ist nur noch ungefähr $^1/_{12}$ des Weges zurückzulegen. Man sollte daher erwarten, daß die gegenwärtig zu ermittelnde Bahn auch in bezug auf die dynamischen Elemente nicht mehr sehr weit von der Wirklichkeit abweichen könne. Dr. Lohse hat nach Aufzeichnung der Beobachtungen und Konstruktion einer passenden Ellipse die Methode von Zwiers benutzt, um die geometrischen Elemente zu finden. Die dynamischen Elemente wurden aus zwei mittlern Anomalien bestimmt, die ungefähr um einen halben Umlauf voneinander entfernt waren. Zur möglichst sichern Feststellung dieser mittlern Anomalien verwertete Lohse alle vorhandenen Positionswinkelmessungen, die einesteils vor, andernteils nach dem Periastron an-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3946.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3955.

gestellt worden sind. Er erhielt so folgendes Elementensystem für 1900.0:

$T = 1894.337$ (1844.956), $U = 50.381$, $n = -7.14559°$, $e = 0.598$
$\Omega = 44.12°$, $i = 39.91°$, $\omega = 212.20°$ $a = 7.427''$.

Um diese Bahnelemente mit den Beobachtungen vergleichen zu können, hat Verf. die Normalörter des Siriusbegleiters von Zwiers mit denjenigen von Burnham zu Mittelwerten vereinigt und die so erhaltenen Positionswinkel und Distanzen mit den aus obigen Elementen berechneten zusammengestellt.

Es ergab sich bis zum Jahre 1903 eine befriedigende Übereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. „Vergleicht man,“ sagt Dr. Lohse, „die oben mitgeteilten Bahnelemente mit dem Systeme II von Zwiers, bei dem auch schon Beobachtungen von 1897 und 1898 mit berücksichtigt wurden, so muß die gute Übereinstimmung der Größen T, e, Ω und ω auffallen. Stärkere Abweichungen zeigen die Neigung i und die Umlaufszeit U. Die letztere erscheint um 2.26 Jahre gegen die erste Bestimmung von Zwiers verlängert und ist auch 1.70 Jahre größer als die von Auwers aus Meridianbeobachtungen abgeleitete, die sich über mehr als zwei Umläufe des Sirius um den gemeinsamen Schwerpunkt erstrecken. Diese Abweichung deutet bereits an, daß die nach dem Systeme II von Zwiers berechneten Korrektionen für die Position des Sirius in geringerm Grade genügen würden, als das modifizierte Elementensystem V* von Auwers, bei dem die Umlaufszeit von 49.4 Jahren beibehalten war.

Wäre es gestattet, das Mittel aus den beiden Zwiersschen Werten für U zu nehmen, so würde eine Zahl resultieren, die vermutlich der wirklichen Umlaufszeit des Begleiters, resp. der Umlaufszeit des Hauptsternes um den Schwerpunkt ziemlich nahe liegt.

Spektroskopische Bestimmungen der radialen Geschwindigkeit von Fixsternen sind seit dem letzten Berichte wieder in größerer Anzahl veröffentlicht worden. Von den dort[1]) erwähnten Normalsternen haben Prof. Frost und Walter S. Adams auf der Yerkessternwarte zehn genauer beobachtet.[2]) Die Aufnahmen geschahen durchweg zu der Zeit, wo jeder Stern um Mitternacht im Meridiane stand und 30 Tage früher, sowie 30 Tage später. Mit geringen Ausnahmen konnten diese Zeiten genau eingehalten werden. Die Aufnahmen geschahen mit dem Brucespektrographen, der am großen Refraktor der Yerkessternwarte angebracht wurde unter allen Vorsichtsmaßregeln, welche die lange Erfahrung und der Scharfsinn der Beobachter an die Hand gaben. Die erlangten Aufnahmen und die Ausmessungen der Platten sind daher von großer Zuverlässigkeit, und die innere Übereinstimmung derselben läßt nichts zu

---

1) Dieses Jahrbuch. **14**. p. 136.
2) Astrophys. Journ. **18**. Nr. 4. p. 237.

wünschen übrig. Die Ausmessungen der einzelnen Platten geschahen unabhängig von jedem der beiden Astrophysiker, um über die etwaigen persönlichen Eigentümlichkeiten in der Auffassung beim Messen der Spektrallinien Aufschluß zu erhalten. Es ergab sich ein kleiner Unterschied in dieser Beziehung, und zwar so, daß nach den Messungen von Frost die Geschwindigkeiten der Sterne durchschnittlich 0.10 *km* größer ausfielen als nach denjenigen von Adams, doch ist es zweifelhaft, ob diese geringe Differenz wirklich besteht oder nur durch die verschiedene Auffassung bei einigen wenigen minder scharfen Platten (mit dem Spektrum von γ Aquilae) bedingt ist.

Zur Kontrolle wurden auch die Spektra des Mondes, sowie der Planeten Mars und Venus aufgenommen und die Linienverschiebungen infolge ihrer Bewegung auf denselben gemessen. Da diese Bewegungen bekannt sind, so mußte der Grad der Übereinstimmung dieser bekannten mit den aus den Spektralaufnahmen berechneten Bewegungen ein gutes Urteil über die Genauigkeit der Aufnahmen gestatten.

Es ergab sich, daß die Messungen und Rechnungen bis auf 0.1 *km* genau miteinander übereinstimmen, so daß man also bei dem Spektrographen keine systematischen Fehlerquellen voraussetzen kann, und auch bezüglich der Fixsterne den Messungsresultaten ein hoher Grad von Zuverlässigkeit zuzuschreiben ist.

Die Ergebnisse aus allen Platten und für die Ausmessungen beider Beobachter sind in ihren Mittelwerten folgende, wobei das Vorzeichen — ein Annähern, + ein Entfernen des Sternes von der Erde bedeutet, und die Geschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde ausgedrückt sind.

α Arietis	— 13.7 *km*	α Bootis	— 4.8 *km*
α Persei	— 2.1 „	β Ophiuchi	— 11.1 „
β Leporis	— 12.4 „	γ Aquilae	— 1.8 „
β Geminorum	+ 3.4 „	ε Pegasi	+ 6.2 „
α Crateris	+ 47.4 „	γ Piscium	— 10.9 „

Außer diesen Sternen haben die beiden Astrophysiker, einem Wunsche von Prof. Belopolsky folgend, noch folgende drei Sterne mit den beigefügten Ergebnissen aufgenommen und vermessen:

ι Aurigae	+ 19.0 *km*
ε Leonis	+ 5.5 „
γ Cephei	— 41.2 „

Die Resultate für ε Leonis, welcher Stern an drei Abenden aufgenommen wurde, stimmen für jeden Abend untereinander sehr gut überein, ergeben aber für die verschiedenen Zeiten etwas verschiedene Werte der Geschwindigkeit (nämlich + 4.3, 4.6 und 6.4 *km*), so daß möglicherweise dieser Stern eine veränderliche Radialgeschwindigkeit besitzt. Darüber können jedoch erst weitere Beobachtungen die Entscheidung geben.

Von einigen der angeführten Sterne haben schon früher verschiedene Astrophysiker ebenfalls Bestimmungen ihrer radialen Geschwindigkeit ausgeführt, und es ist von Interesse, diese mit den neuesten Ermittlungen von Frost und Adams auf der Yerkessternwarte zu vergleichen.

Name des Sternes	Beobachter	Geschwindigkeit	Epoche
α Arities . . .	Campbell	— 14.1 *km*	1896
	Adams	— 13.7 „	1901
	Newall	— 14.3 „	1902
	Frost und Adams	— 13.7 „	1902
α Persei . . .	Campbell	— 2.4 „	1897
	Vogel	— 3.2 „	1901
	Newall	— 2.6 „	1902
	Frost und Adams	— 2.1 „	1902
α Bootis . . .	Frost und Adams	— 4.3 „	1902
	Newall	— 5.8 „	1903
	Frost und Adams	— 4.8 „	1903
ε Pegasi . . .	Campbell	+ 5.7 „	1897
	Frost und Adams	+ 6.2 „	1902
ε Leonis . . .	Wright	+ 5.1 „	1899
	Adams	+ 4.0 „	1900
	Frost und Adams	+ 5.5 „	1903

Die vorstehende kleine Tabelle gibt eine Zusammenstellung derselben nebst den Namen der Beobachter mit Zufügung der oben mitgeteilten neuesten Ermittlungen auf der Yerkessternwarte.

Diese Angaben stimmen im allgemeinen gut miteinander überein, nur bei *α* Bootis ist der Unterschied der frühern mit den neuesten Messungen auf der Yerkessternwarte, obgleich nur 0.5 *km* betragend, etwas größer, als man erwarten durfte, da die Linien im Spektrum dieses Sternes recht scharf erscheinen. Vielleicht gehört *α* Bootis zu den Sternen mit veränderlicher Eigenbewegung, worüber sich in wenigen Jahren ein sicherer Entscheid wird herbeiführen lassen.

Spektroskopische Beobachtungen von Normalsternen in Pulkowa sind in den Jahren 1902 und 1903 von A. Bélopolsky mit einem neuen, nach dem Muster des Potsdamer angefertigten Spektrographen ausgeführt worden.[1]) Als Vergleichspektrum zur Bestimmung der Linienverschiebungen diente meist das Eisenspektrum. Die Messungen auf den Platten wurde mit aller möglichen Sorgfalt ausgeführt, und bei der Berechnung der Verschiebungen die Rowlandschen Wellenlängen zugrunde gelegt. Um sich von der Leistungs-

[1]) Astroph. Journ. 19. p. 85.

fähigkeit des neuen Spektrographen zu überzeugen, hat Professor Bélopolsky das Spektrum des östlichen und westlichen Randes der Sonne im Äquator aufgenommen und findet auf einer Platte aus den Messungen der Verschiebungen von 21 Linien für die Geschwindigkeit der Sonnenrotation im Äquator 1.84 *km* mit einer Unsicherheit von $\pm$ 0.09 *km*, aus einer zweiten Platte den nämlichen Mittelwert mit einer Unsicherheit von 0.06 *km*. Beim Planeten Mars ergab eine Aufnahme 1903 März 29 als Radialgeschwindigkeit — 2.06 *km* pro Sekunde, während die Berechnung auf Grund der Ephemeriden dafür — 1.81 *km* ergab. Andere Aufnahmen ergaben noch bessere Übereinstimmung, und bei Jupiter war der Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung im Mittel nur — 0.06 *km*. Sonach kann man als erwiesen betrachten, daß die Messungen der Linienverschiebungen in diesen Spektrogrammen zuverlässige Werte der Größe der Eigenbewegung in der Richtung der Gesichtslinie zwischen Stern und Beobachter liefern. Es wurden folgende Werte für die bezeichneten Normalsterne erhalten, wobei — Annäherung, + Entfernung des Sternes von der Sonne bedeuten. Die Geschwindigkeiten sind ausgedrückt in Kilometern pro Sekunde, $\pm$ bezeichnet den wahrscheinlichen Fehler des angegebenen Mittelwertes.

α Persei . . .	— 2.89	± 0.4	β Geminorum . .	+ 3.37	± 0.1
α Bootis . . .	— 6.07	± 0.4	γ Aquilae . . .	— 1.98	± 0.4
ε Pegasi . . .	+ 5.99	± 0.2	γ Cephei . . .	— 39.94	± 0.6

Die starke radiale Eigenbewegung des Sternes γ Cephei war schon 1897 durch die Aufnahme des Spektrums in Pulkowa erkannt worden.

Bestimmungen der radialen Geschwindigkeiten von 20 Sternen des Oriontypus auf der Yerkessternwarte. Der kurzen Mitteilung über die Ergebnisse dieser Untersuchung[1]) haben Edwin B. Frost und Walter S. Adams nunmehr eine ausführliche Darstellung folgen lassen.[2]) Die Spektra des Oriontypus sind für den Astrophysiker von besonderm Interesse, denn sie bezeichnen unfraglich ein sehr frühes Stadium in der Entwicklung der Sterne. Ihre chemische Zusammensetzung ist einfach, die hauptsächlichsten ihrer Spektrallinien gehören dem Wasserstoff, Helium, Sauerstoff, Silizium, Stickstoff und Magnesium an. Die Anwesenheit des Heliums ist das Hauptcharakteristikum dieses Typus, weshalb die Sterne desselben bisweilen auch als Heliumsterne bezeichnet werden. Das breite und etwas verwaschene Aussehen der meisten dieser Linien macht die Spektra zur genauen Ausmessung der Lage der Linien allerdings weniger geeignet, so daß die Genauigkeit derselben nicht diejenige der Sterne des Sonnentypus erreicht.

---

1) Dieses Jahrbuch 14. p. 135.
2) Decennial Publications of the University of Chicago 1903. 8.

Die beiden obengenannten Astronomen sind durch eine Reihe ähnlicher Arbeiten bekannt, und die ihnen zur Verfügung stehenden instrumentellen Hilfsmittel zählen zu den vorzüglichsten, welche zurzeit vorhanden sind, nämlich der 40-zöllige Refraktor und der große Brucespektrograph. Sie teilen in ihrer Abhandlung ausführlich alle Details über die Art und Weise der Aufnahme, die Apparate zum Ausmessen der Spektrallinien, die Messungs- und Rechnungsmethode mit, ebenso ihre Untersuchungen über die möglicherweise vorhandenen Fehlerquellen, die in dem Spektrographen, der Adjustierung, den Aufnahmen und Messungen vorhanden sein können. Sie gehen auch näher auf die möglichen Fehler ein, welche

Größe	Name des Sternes	R. A.	Dekl.	Radial-Geschwindigkeit	Zahl d. Messungen	Epoche	Eigenbewegung
		h m	° ′	km			″
3.0	γ Pegasi	0 08	+14 38	+ 5.4	12	1902.06	0.013
3.7	ζ Cassiopeiae . .	0 31	+53 21	+ 2.9	6	1902.10	0.023
3.6	ε Cassiopeiae . .	1 47	+63 11	— 5.9	8	1902.08	0.043
3.1	ζ Persei	3 48	+31 35	+22.1	7	1901.95	0.020
0.3	β Orionis . . .	5 10	— 8 19	+20.7	24	1901.95	0.002
1 9	γ Orionis . . .	5 20	+ 6 15	+18.0	10	1901.98	0.020
1.8	ε Orionis . . .	5 31	— 1 16	+26.7	7	1902.05	0.002
1.9	ζ Orionis . . .	5 36	— 2 00	+18.8	7	1902.52	0.010
2.2	κ Orionis . . .	5 43	— 9 42	+ 17.1	10	1901.88	0.005
2.0	β Canis Majoris .	6 18	—17 54	+32.6	5	1901.84	0.006
1.5	ε Canis Majoris .	6 55	—28 50	+27.2	4	1902.61	0.005
3.6	η Leonis . . .	10 02	+17 15	+ 3.5	5	1902 31	0.012
2.8	γ Corvi	12 11	—16 59	— 7.0	6	1902.27	0.162
3.9	τ Herculis . . .	16 17	+46 33	—12.7	6	1902.21	0.033
3.3	ζ Draconis . . .	17 08	+65 50	—14.4	8	1902.19	0.024
3.9	ι Herculis . . .	17 37	+46 04	—16.4	6	1901.92	0.012
4.0	67 Ophiuchi . .	17 56	+ 2 56	— 3.1	4	1902.47	0 017
4.5	102 Herculis . .	18 04	+20 48	—10.8	5	1902.62	0.012
4.5	η Lyrae	19 10	+38 58	— 9.1	6	1902.74	0.005
4.1	ε Delphini . . .	20 28	+10 58	—26.2	4	1902.55	0.027

aus den Annahmen für die Wellenlängen der Linien nach Rowlands System resultieren, die sich aber so unbedeutend erweisen, daß sie vernachlässigt werden können. Die 20 Sterne, mit denen sich ihre Untersuchung beschäftigt, sind nicht etwa nach einem bestimmten Systeme ausgewählt worden, sondern nur solche Sterne des Oriontypus, von welchen in dem letzten Jahre drei oder mehrere Spektrogramme auf der Yerkessternwarte erhalten worden waren. Um unabhängige Proben der Zuverlässigkeit und Genauigkeit ihrer Messungen zu gewinnen, haben die beiden Beobachter Aufnahmen des Mondes und der Venus gemacht, die Verschiebungen der Linien in deren Spektren gemessen und die so erhaltenen Geschwindigkeiten mit den anderweitig bekannten radialen Geschwindigkeiten beider Planeten verglichen. Diese Prüfungen sind im allgemeinen sehr befriedigend ausgefallen. So ergab eine Aufnahme des Mondspektrums

am 27. September 1901 aus den Messungen der Linienverschiebungen eine radiale Geschwindigkeit des Mondes von — 0.5 *km* pro Sekunde, während für den gleichen Moment die Rechnung auf Grund der Mondtheorie — 0.6 *km* ergibt. Eine Spektralaufnahme der Venus am 8. Januar 1902 ergab deren radiale Geschwindigkeit zu — 10.5 *km*, während die Rechnung den Wert — 11.3 *km* liefert. Auch von einigen Fixsternen, die anderwärts bereits aufgenommen und bestimmt waren, ergaben die Aufnahmen und Messungen von Frost und Adams gute Übereinstimmungen. Man darf daher den neuen Ergebnissen, welche die genannten Astronomen erhielten und publizieren, großes Vertrauen entgegenbringen. Die nachstehende Tabelle enthält die Endergebnisse ihrer sämtlichen bezüglichen Messungen. Die angegebenen Geschwindigkeiten in der Richtung zur Erde, also die radialen Geschwindigkeiten, sind in Kilometern und Zehnteln derselben pro Sekunde ausgedrückt. Das Vorzeichen + bedeutet, daß der Stern sich von der Erde, oder vielmehr der Sonne, entfernt, —, daß er sich nähert. In der letzten Kolumne ist auch für jeden Stern die jährliche scheinbare Eigenbewegung in Bruchteilen der Bogensekunde angegeben, so wie sich dieselbe aus vieljährigen Positionsbestimmungen dieser Sterne ergeben hat.

Die Verteilung der positiven und negativen Geschwindigkeiten dieser 20 Sterne läßt deutlich den Einfluß der Richtung der Sonnenbewegung durch den Raum erkennen. Doch kann man einen genauen Wert dieser Richtung aus dem vorliegenden Materiale nicht ableiten, weil die Zahl von nur 20 Sternen dazu zu gering ist. Nimmt man dagegen mit Prof. Newcomb an, daß der Zielpunkt der Sonnenbewegung am Himmel in 277.5° Rektaszension und 35° nördl. Dekl. liegt, und daß die Geschwindigkeit ihrer Bewegung, wie Prof. Campbell gefunden, 19.9 *km* in der Sekunde beträgt, so kann man die wirklichen, vom Einflusse der Sonnenbewegung befreiten Geschwindigkeiten dieser 20 Sterne berechnen. Es ergibt sich dafür eine mittlere Geschwindigkeit von 7.0 *km* pro Sekunde, oder wenn man berücksichtigt, daß ein Teil dieser Sterne sich entfernt, ein Teil sich nähert, ein durchschnittliches Entfernen derselben von uns um 4.6 *km* in der Sekunde. Die außerordentlich schwachen scheinbaren Eigenbewegungen so heller Sterne (im Mittel 0.023″ pro Jahr) bleiben erheblich zurück hinter denjenigen gleich heller Sterne vom Spektraltypus der Sonne und zeigen, daß die Sterne des Oriontypus außerordentlich weit von uns entfernt sein müssen. Die hellen Sterne in der Konstellation des Orion bilden augenscheinlich eine besondere Gruppe darunter, sowohl in bezug auf Richtung, als Größe ihrer Bewegung.

Von den obigen 20 Sternen sind vier bereits früher von Vogel und Scheiner auf ihre Radialbewegungen untersucht worden, nämlich die folgenden mit den beigefügten Ergebnissen:

β Orionis	+ 16.3	*km*
γ „	+ 8.9	„
ϵ „	+ 26.7	„
ζ „	+ 14.8	„

Mit Ausnahme von γ Orionis stimmen diese Resultate mit den obigen gut überein, wenn man den Charakter der Spektra berücksichtigt, die schwer zu messen sind. Im Verlaufe ihrer Untersuchungen haben Frost und Adams noch gefunden, daß die folgenden Sterne veränderliche Eigenbewegungen besitzen, also spektroskopische Doppelsterne sind: δ Ceti, ν Eridani, η Orionis, β Cephei, o Persei, π^5 Orionis, ζ Tauri.

Auf der Sternwarte zu Bonn sind im Sommer 1903 spektrographische Aufnahmen und Untersuchungen derselben zum Zwecke der Bestimmung der radialen Geschwindigkeiten bei achtzehn hellen Fixsternen von Prof. F. Küstner ausgeführt worden. [1]

Die Ergebnisse der sehr sorgfältigen Messungen und eine genaue Diskussion derselben enthält folgende Tabelle. Die Geschwindigkeiten pro Sekunde sind wie immer in Kilometern und den Dezimalteilen ausgedrückt, und + bezeichnet Entfernen, — Annähern des Sternes an die Sonne.

α Ursae minoris 1903 . .	Juli	2.4	— 14.22
„ . .	„	4.5	— 16.12
α Leonis	Mai	24.4	+ 5.51
γ „ (Hauptstern) . .	„	4.4	— 35.15
α Ursae majoris	Juni	27.4	— 7.24
ϵ Virginis	Mai	29.4	— 11.84
η Bootis	„	23.4	+ 7.59
ϵ „ (Hauptstern) . .	„	31.5	— 15.19
β Ursae minoris	Juli	2.5	+ 18.10
β Bootis	Mai	22.6	— 20.29
„	Juli	15.4	— 19.28
δ „	Mai	24.5	— 12.54
α Serpentis	„	26.5	+ 4.48
„	„	30.5	+ 5.02
β Herculis	Juni	26.4	— 12.20
ζ „	Mai	21.5	— 73.16
„	„	31.5	— 74.97
β Ophiuchi	Juni	15.5	— 11.57
„	„	27.5	— 9.33
γ Draconis	„	11.5	— 27.10
β Cygni (Hauptstern) . .	Juli	1.6	— 22.86
γ Aquilae	Juni	28.5	+ 0.04
γ Cygni	„	25.5	— 7.58

Spektroskopische Doppelsterne. Die systematischen Untersuchungen von Sternen mit Spektren des Oriontypus, welche während der letzten Jahre auf der Yerkessternwarte von Prof. Edwin B. Frost und Walter S. Adams angestellt worden sind, haben als Nebenergebnis zur Entdeckung einer nicht geringen Anzahl spektroskopi-

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3972.

scher Doppelsterne geführt. Ein weiteres Verzeichnis solcher Entdeckungen, das von den genannten veröffentlicht wurde,[1]) bringt die Anzahl derselben, welche mit dem Brucespektrographen gefunden wurden, auf 23, abgesehen von vier andern, welche Spektra anderer Typen besitzen. Aus den bisherigen Aufnahmen ergibt sich, daß unter den (63) Sternen des Oriontypus, die untersucht worden sind, die Zahl derjenigen mit veränderlicher Eigenbewegung sich zu den andern nahezu wie 1 : 3 verhält. Dabei ist zu beachten, daß bei manchen dieser Sterne die Spektrallinien so breit und schlecht begrenzt erscheinen, daß Geschwindigkeitsänderungen von geringer Größe sich dem Nachweise entziehen. Dazu kommt, daß die Zeitintervalle zwischen den einzelnen Aufnahmen noch zu kurz sind, um Geschwindigkeitsänderungen von längerer Periode als einige Tage oder Wochen erkennen zu können. Schließlich sind auch drei Aufnahmen eines Sternes keineswegs genügend, um die Unveränderlichkeit der Geschwindigkeit eines Sternes während eines gewissen Zeitintervalles zu gewährleisten. Sonach kann man schließen, daß unter den Sternen mit Spektren des Oriontypus jeder zweite oder dritte einen Doppelstern oder ein mehrfaches System bildet.

Folgendes ist das Verzeichnis der von Frost und Adams auf diese Weise entdeckten (spektroskopischen) Doppelsterne.

π Andromedae, 4.4 Größe. $\alpha = 0^h\ 32^m$ $\delta = +\ 33°\ 10'$. Drei Aufnahmen 1903 September 25, Oktober 10 und 17 ergeben als radiale Geschwindigkeit — 2, + 32, + 60 *km*. Die Linien im Spektrum des Sternes sind schärfer als bei den meisten andern Sternen dieser Klasse.

ξ Cassiopejae, 4.8 Größe. $\alpha = 0^h\ 37^m$ $\delta = +\ 49°\ 58'$. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen — 5 und — 35 *km*. Die Linien im Spektrum dieses Sternes sind zwar nicht sehr breit, aber sehr schlecht begrenzt und verwaschen, daher die Messungen unsicherer als bei manchen andern Sternen.

o Orionis, 4.6 Größe. $\alpha = 5^h\ 17^m$ $\delta = -\ 0°\ 29.'$ Die Veränderungen der Geschwindigkeiten liegen zwischen + 19 und + 33 *km*. Das Spektrum eignet sich sehr zu genauen Messungen, da die meisten Linien, besonders die des Heliums, stark, schmal und gut begrenzt sind.

χ Aurigae, 5.0 Größe. $\alpha = 5^h\ 26^m$ $\delta = +\ 22°\ 8'$. Das Spektrum ist ähnlich dem von o Orionis, obgleich die Linien weniger stark sind. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen + 12 und + 28 *km*.

ι Orionis, 3.0 Größe. $\alpha = 5^h\ 30^m$ $\delta = -\ 5°\ 59'$. Das Spektrum dieses Sternes ist sehr kompliziert. Es liegen sieben Aufnahmen von September und Oktober 1903 vor. In den meisten Fällen erscheinen die Heliumlinien und $H\gamma$ außerordentlich

[1]) Astrophys. Journ. 18. p. 383.

breit und verwaschen, und auf ihnen erscheinen zuzeiten zwei bis drei Maxima, von denen noch nicht bestimmt werden kann, ob sie Komponenten mit veränderlichen Geschwindigkeiten angehören oder durch physische Zustände des Hauptsternes verursacht werden. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 28 und + 90 *km*. Weitere Aufnahmen dieses Sternspektrums sind erforderlich.

υ Orionis, 4.4 Größe. $\alpha = 6^h\ 2^m$ $\delta = +14° 47'$. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen + 81 und + 12 *km*.

18 Aquilae, 5.1 Größe. $\alpha = 19^h\ 2^m$ $\delta = +10° 55'$. Die Linien sind schwer zu messen; die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 12 und — 28 *km*.

2 Lacertae, 4.8 Größe. $\alpha = 22^h\ 17^m$ $\delta = +46° 2'$. Das Spektrum der ersten Platte ist viel schwächer als das der beiden andern, und eine wiederholte Untersuchung desselben gab Andeutungen der Gegenwart von Linien, die einem zweiten leuchtenden Komponenten angehören, welche auf der zweiten Platte meßbar waren (mit — 185 *km* Geschwindigkeit). Diese Linien konnten auf der dritten Platte nicht gesehen werden. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen + 1 und — 86 *km*.

6 Lacertae, 4.6 Größe. $\alpha = 22^h\ 26^m$ $\delta = +42° 24'$. Die Geschwindigkeiten liegen zwischen — 3 und — 24 *km*.

1 Hev. Cassiopejae, 4.8 Größe. $\alpha = 23^h\ 25^m$ $\delta = +58° 0'$. Die Spektrallinien sind ziemlich breit und verwaschen. Die Geschwindigkeiten variieren zwischen — 2 und — 70 *km*.

ξ Persei, 4.1 Größe. $\alpha = 3^h\ 53^m$ $\delta = +35° 30'$. Dieser Stern hat eine sehr große radiale Geschwindigkeit, nämlich im Mittel + 85 *km*. Das Spektrum ist wegen Breite und dem sehr verwaschenen Charakter der Linien schwer zu messen. Daher bleibt bei der Schwankung von 9 *km*, um welche die Messungen variieren, zweifelhaft, ob eine veränderliche Geschwindigkeit vorhanden ist oder nicht. Beobachtungen, die über einen längern Zeitraum ausgedehnt sind, werden hierüber entscheiden.

Schließlich machen Frost und Adams noch darauf aufmerksam, daß die folgenden Sterne mit Spektren des Oriontypus helle Linien besitzen: c Persei, 4.3 Größe; 25 Orionis, 4.6 Größe; β Piscium, 4.6 Größe. Charakteristisch für diese Sterne mit dieser eigentümlichen Variierung des Oriontypusspektrums ist, daß die Wasserstofflinien eine doppelte helle Komponente zeigen, welche nahezu zentral auf der breiten dunkeln Linie oder Bande steht.

Die O. Millsexpedition, welche die Lickstermwarte auf den Cerro San Cristobal bei Santiago in Chile behufs spektrographischer Beobachtungen am südlichen Himmel entsandte, hat dort bei folgenden Sternen veränderliche Eigenbewegungen also dieselben als spektroskopische Doppelsterne, nachgewiesen:

β Doradus ($\alpha = 5^h$ 32.7^m d = — 62° 33'.

			radiale Geschwindigkeit
1903	September	29.	+ 1.4 *km*
	Dezember	21.	+ 16.1 „
1904	Juni	12.	+ 28 „
	„	22.	+ 28.5 „

w Velorum ($\alpha = 8^h$ 56.3^m $\delta = 40°$ 52').

1904	Januar	21.	+ 3 *km*
	März	8.	+ 13.7 „
	„	28.	+ 7.5 „

l Carinae ($\alpha = 9^h$ 42.5^m $\delta = -$ 63° 3').

Dies ist ein veränderlicher Stern, dessen Lichtperiode nach W. Roberts 35.523 Tage umfaßt. Auch ist nach demselben Beobachter der Lichtwechsel unregelmäßig. Die spektrographischen Aufnahmen ergaben:

1904	April	18.	+ 10 *km*
	„	30.	+ 22 „
	Mai	8.	— 15 „

$\varkappa$ Pavonis ($\alpha = 18^h$ 46.6^m $\delta = -$ 67° 21').

Ebenfalls ein Veränderlicher, aber von regelmäßigem Lichtwechsel und einer Periode von 9.091 Tagen.

1904	Mai	12.	+ 40.1 *km*
	Juni	6.	28.9 „
	„	22.	+ 26.5 „

τ Sagittarii ($\alpha = 19^h$ 0.7^m $\delta = -$ 27° 49').

1902	August	17.	+ 34 *km*	(Diese Beob. auf Mount Hamilton)
1904	Mai	12.	+ 51.0 „	
	Juni	7.	+ 59.7 „	

α Centauri.

Beobachtungen der radialen Geschwindigkeiten der beiden Komponenten von α Centauri ergaben folgendes:

α Centauri (schwächere Komponenten).

1904	Februar	25.	— 18.90 *km*
	März	4.	— 18 69 „
	Juni	23.	— 19.70 „

α_2 Centauri.

1904	Februar	21.	— 24.02 *km*
	März	4.	— 24.20 „
	Juni	23.	— 24.58 „

Außer diesen Aufnahmen wurde am 29. Mai mit einer kurzen Kamera photographiert, die für schwächere Sterne bestimmt ist. Die Negative sind mangelhaft, da die Spektra überexponiert erscheinen, indessen ergaben die Messungen folgende Resultate:

1904 Mai 29.

α_1 Centauri	— 19.70 *km*
α_2 „	— 24.30 „

Dies stimmt gut mit den obigen Angaben überein. Man erkennt aus den Messungen, daß die beiden Komponenten von α Centauri eine verschieden schnelle Radialbewegung besitzen.

Die Differenzen der Geschwindigkeit beider Sterne sind:

		Differenz der radialen Geschwindigkeiten
1904	Februar 21.—25.	5.12 *km*
	März 4.	5.51 „
	Juni 23.	4.88 „

Diese Unterschiede können davon herrühren, daß entweder die relative Bahnbewegung der beiden Komponenten ungleich ist, oder wenigstens einer der beiden Sterne für sich wiederum einen spektrographischen Doppelstern bildet. Nimmt man die erstere Hypothese an und erinnert sich, daß die scheinbare Bahn des Doppelsternes α Centauri genau bekannt ist, so läßt sich aus dieser und den radialen Geschwindigkeiten die Parallaxe von α Centauri leicht berechnen. Nach Roberts sind folgendes die wahrscheinlichsten Elemente der Bahn von α Centauri.

Zeit des Periastrons	$T =$	1875.715
Umlaufsdauer	$P =$	81.185 Jahre
Exzentrizität der Bahn	$e =$	0.52865
Neigung der Bahn	$i =$	79° 21′ 36″
Aufsteigender Knoten der Bahn	$\Omega =$	25 5 50
Halbe große Achse der Bahn	$a =$	17.71″
Entfernung des Knotens vom Periastron	$\lambda =$	52° 0′ 58″

Aus diesen Bahnelementen ergibt sich unter Benutzung der oben angegebenen Differenzen in der Radialgeschwindigkeit der beiden Sternkomponenten als Parallaxe von α Centauri der Wert $\pi = 0.76''$ und diesem entsprechend die mittlere Distanz der beiden Komponenten in Kilometern $= 3.46 \times 10^9$ oder 3460 Millionen Kilometer. Die Massen beider Sterne sind = 1.9 Sonnenmassen. Aus direkten Beobachtungen haben Gill und Elkin die Parallaxe von α Centauri zu $\pi = 0.75 + 0.01''$ bestimmt, ein Wert, der nunmehr auf einem ganz andern Wege die vollste Bestätigung findet. Infolge der sehr exzentrischen Bahn sind beide Komponenten im Periastron nur wenig weiter voneinander entfernt als bei uns Sonne und Saturn, im Apastron dagegen ist ihre Entfernung größer als die Entfernung des Neptun von der Sonne. Die oben genannte zweite Hypothese zur Erklärung des Unterschiedes der relativen Bahnbewegungen der beiden Komponenten, also die Annahme, daß eine derselben ein spektroskopischer Doppelstern sei, ist an und für sich zwar wenig wahrscheinlich, doch kann sie nicht ohne weiteres abgewiesen werden. Denn die bisherigen Untersuchungen haben ergeben, daß unter den Fixsternen von je sieben wenigstens einer veränderliche Radialbewegung besitzt, groß genug, um mit den mächtigen heutigen Spektrographen erkannt zu werden. Nimmt man dieses Verhältnis an, so ergibt sich, daß die Wahrscheinlichkeit, bei einem optischen Doppelsternpaare sei wenigstens eine der beiden Komponenten auch noch ein spektroskopischer Doppelstern, etwas über $1/4$ ist. Mag diese nun größer oder kleiner sein, Tatsache ist, daß eine Anzahl optischer Doppelsterne auch bei einer ihrer Komponenten veränder-

liche Radialbewegung zeigt, so daß diese wiederum als spektroskopische Doppelsterne anzusehen sind, so bei π Ursae majoris, α Geminorum, $\varkappa$ Pegasi und andern. Dies muß zur Vorsicht mahnen gegenüber der Bestimmung von Sternparallaxen aus Beobachtungen der radialen Geschwindigkeit, die sich nur über einen kurzen Zeitraum erstrecken. Betrachtungen dieser Art sind in gleicher Weise aber auch anwendbar auf die alte Methode der direkten Messung von Fixsternparallaxen, da die Dimensionen der Bahnen mancher spektroskopischen Doppelsterne von ähnlicher Größe sind wie diejenigen der Erdbahn.

Der spektroskopische Doppelstern β Aurigae. Dieser Doppelstern, der als solcher im Jahre 1890 auf dem Harvardobservatorium erkannt wurde, ist nahe um dieselbe Zeit auch zu Potsdam beobachtet worden, und Prof. Vogel fand damals, daß die relativen Intensitäten der (Magnesium-) Doppellinie λ 4481 veränderlich sind, indem auf einigen Platten die nach Rot gelegene Komponente, auf andern die gegen Violett hin liegende stärker erscheint. Aus den Aufnahmen am Harvardobservatorium ergab sich als Umlaufszeit von β Aurigae $3^d\ 23^h\ 36.7^m$, und diese wird auch in einer spätern Publikation (1898) von Miß Maury festgehalten. In dieser Abhandlung über die K-Linien im Spektrum von β Aurigae wird erwähnt, daß auf dem Harvardobservatorium in den neun Jahren 1889 bis 1898 290 Photogramme des Sternes erhalten worden seien, daß die relative Geschwindigkeit 240 *km*, die Entfernung beider Körper voneinander mindestens 8 Millionen engl. Meilen, und die Masse der einzelnen Komponenten 1.25 Sonnenmassen betragen. Der Wechsel in der Intensität wurde von Miß Maury auch für die Linie K (λ 3934) nachgewiesen. Sonach konnte es scheinen, als sei die obige, von Prof. Pickering berechnete Periode des Sternes sehr nahe richtig, um so mehr, als einige gelegentliche Aufnahmen zu Potsdam damit in Übereinstimmung zu bringen waren. Später erschien eine Arbeit von G. A. Tikhoff, der durch Ausmessung der von Bélopolski zu Pulkowa 1902 und 1903 erhaltenen Spektrogramme eine Periodendauer von $3^d\ 3^h\ 30.4^m$ fand und außerdem in β Aurigae ein Sternsystem erkennen zu müssen glaubt, das nicht aus zwei, sondern aus vier Körpern besteht. Aus der zeitweisen Verdopplung der Komponenten der einzelnen Linien, die er an einigen Aufnahmen wahrgenommen hat, wonach z. B. am 21. Januar 1904 $H\gamma$ in vier Komponenten zerfällt, mit 46 *km*, 224 *km*, 43 *km* und 221 *km* relativer Geschwindigkeit, kommt Tikhoff zu der Ansicht, daß β Aurigae aus zwei Gruppen von Körpern zusammengesetzt sei, von denen jede aus einem Sterne mit starken und einem zweiten mit schwachen Spektrallinien bestehe. Die Umlaufszeit der Sterne innerhalb einer jeden Gruppe sei 19.1^h, während jede Gruppe eine Umdrehung um den Schwerpunkt des Systemes in $3^d\ 23.5^h$ vollende. Das Verhältnis der Massen der zwei Gruppen sei nahe $= 1$; der

Schwerpunkt des Systemes bewege sich mit einer Geschwindigkeit von — 16 *km* in der Gesichtslinie zur Erde.

Diese Ergebnisse waren Veranlassung, daß Prof. Vogel auf dem Potsdamer Observatorium neue Aufnahmen des Spektrums von β Aurigae machen zu lassen beschloß, worüber er nunmehr berichtet hat.[1]) Infolge der ungünstigen Witterung konnte der Plan nicht nach Wunsch ausgeführt werden, doch gelangen 1904 Januar 27 und am nächsten Abende eine Anzahl Aufnahmen außerordentlich befriedigend. Die Untersuchung ergab nun, daß die von Prof. Pickering angegebene Periode unrichtig ist, vielmehr die wahre Dauer derselben $3^d\ 23^h\ 2^m\ 16^s$ beträgt, wodurch nicht nur die sämtlichen Potsdamer sondern auch die Tikhoffschen Messungen vorzüglich dargestellt werden, aber auch alle Anomalien, die Tikhoff auf die Vorstellung eines vierfachen Systemes bei β Aurigae gebracht hatten, verschwinden. Ferner ergibt sich nach Prof. Vogel, daß die Beobachtungen darauf hindeuten, daß die Bahn des Sternes nur wenig von der Kreisform abweichen kann. Unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn, einer relativen Geschwindigkeit beider Körper von 222 *km* und der oben mitgeteilten Periode resultiert für die Masse des Systemes ein Wert von mindestens 4.5 Sonnenmassen, und für die Entfernung beider Körper ergeben sich mindestens 12 Millionen Kilometer. Wie die Beobachtungen über die Radialgeschwindigkeit des Systemes bestätigen, sind die Massen der beiden Komponenten des Doppelsternsystemes nicht viel voneinander verschieden.

Durch Anschluß der Messungen der Magnesiumlinien an das Vergleichsspektrum (Eisen) hat Prof. Vogel noch aus den Potsdamer Beobachtungen von 1903 und 1904 die Bewegung des Systemes in der Gesichtslinie aus 35 Platten abgeleitet und im Mittel aus allen Beobachtungen für die Geschwindigkeit des Systemes gefunden: — 21 *km* $\pm$ 1 *km*.

Dieser Wert ist in guter Übereinstimmung mit einem von S. Deslandres 1892 gefundenen Werte — 19 *km*, mit dem aus den vier Potsdamer Aufnahmen aus dem Jahre 1901 sich ergebenden, der im Mittel — 18 *km* beträgt, und mit der Tikhoffschen Bestimmung — 16 *km*.

Die Beobachtungen in der einen Hälfte der Bahn, von Deckung zu Deckung der Linien gelegen, geben im Mittel für die Geschwindigkeit des Systemes — 19.4 *km*, die Beobachtungen aus der andern Hälfte der Bahn — 22.7 *km*. Eine weitere Bestätigung dafür, daß beide Komponenten des Systemes sehr nahe gleiche Masse haben, konnte durch die direkte Berechnung der Geschwindigkeit der einzelnen Körper relativ zur Sonne aus den Verschiebungen der Magnesiumlinien gegen die Linien des Vergleichsspektrums abgeleitet werden. Die Rechnung und graphische Darstellung hat Dr. Schweydar ausgeführt. Mit der Annahme einer Maximalgeschwindigkeit von 111 *km*

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. 1904. p. 497.

stellt ein und dieselbe Kurve die für jeden der Körper gefundenen Geschwindigkeiten sehr gut dar.

Wie oben angegeben, hatte Prof. Vogel schon bei den ersten Beobachtungen die Wahrnehmung gemacht, daß die eine Komponente der Magnesiumlinie breiter und etwas verwaschener, wohl auch etwas kräftiger als die andere erschien, und ein Wechsel insofern stattfände, daß einmal die stärkere, ein andermal die schwächere Komponente mehr nach Rot zu gelegen war. Diese Beobachtung ließ den Gedanken aufkommen, daß das Spektrum des einen Körpers etwas kräftiger sei als das des andern, und daß der Wechsel dann mit der Stellung der Körper in der Bahn zusammenhänge.

Prof. Vogel hat indessen später keinen regelmäßigen Wechsel, der von der Lage der Körper in der Bahn abhängig ist, nachweisen können; im Gegenteil ist er durch die neuesten Beobachtungen, besonders durch die in der Nacht vom 27. zum 28. Januar 1904 ohne Unterbrechung ausgeführten Aufnahmen überzeugt worden, daß der Wechsel ganz unregelmäßig erfolgt.

Auch bei ζ Ursae majoris findet ein Wechsel in der relativen Intensität der Komponenten der Magnesiumlinien statt; es ist Prof. Vogel aber ebensowenig wie bei β Aurigae möglich gewesen, einen Zusammenhang mit der Phase, in welcher sich die den Doppelstern bildenden Körper befinden, zu entdecken.

Was die Größe der relativen Intensitätsänderungen der Magnesiumlinie, auf die sich vorwiegend Prof. Vogels Beobachtungen erstreckt haben, anbelangt, so ist dieselbe oft recht bedeutend. „Auf einigen Platten," sagt er, „ist die eine Komponente scharf, sehr deutlich und gut begrenzt, die andere dagegen sehr breit, verwaschen und so schwach, daß eine Messung ihrer Lage nur schwer auszuführen ist. Einmal erscheint die eine Linie doppelt, zuweilen auch beide; sie bestehen dann entweder aus einer breitern und einer ganz schmalen Linie, oder aus zwei gleich breiten Linien, deren Abstand einer relativen Bewegung von 40 *km* bis 50 *km* entspricht. Manchmal stimmen die Magnesiumlinien und die Ti-Linien im Aussehen ganz überein, häufiger sind sie gänzlich verschieden. Die Wasserstofflinie Hγ erscheint auf einigen Platten deutlich vierfach. Es treten zuweilen im Spektrum neue einfache, oft ganz scharfe Linien auf, zu denen sich keine Komponenten finden lassen, während die Magnesiumlinien getrennt sind."

Das sind, fährt Prof. Vogel fort, alles Erscheinungen, die ich auch schon im Spektrum von ζ Ursae majoris beobachtet habe. Der darauf bezügliche Passus seiner zweiten Abhandlung über ζ Ursae majoris lautet:

„Selten sind die Komponenten der Magnesiumlinie in bezug auf Intensität und Breite gleich, gewöhnlich ist die brechbarere der Komponenten die breitere; nach einer Deckung der Spektra hat mit Bestimmtheit kein Wechsel im Aussehen nachgewiesen werden können.

Unter den neuern Beobachtungen sind einige, bei denen beide Komponenten wieder doppelt sind. Die Linien der zwei Linienpaare sind dann sehr scharf und schmal. Die Ungleichheiten als zufällige Veränderungen im Korne der photographischen Schicht anzusehen, scheint wohl ausgeschlossen, da die Ungleichheiten im Aussehen der Magnesiumlinien sich auch zuweilen in demselben Sinne bei einigen Eisenlinien zeigen, freilich, wegen der Schwäche derselben, nur mit geringer Sicherheit. Es scheint mir aber die Annahme nicht ausgeschlossen, daß bei den stark variierenden Abständen der beiden Körper bei ihrer Bewegung umeinander (16 bis 51 Millionen Kilometer) gegenseitige Störungen in den Atmosphären der Weltkörper entstehen, die zeitweilig Umkehrungserscheinungen oder Verbreiterungen zur Folge haben."

„Wenn es nun", sagt Vogel, „bei ζ Ursae majoris berechtigt erschien, Störungen in den Atmosphären bei der starken Elliptizität der Bahn ($e = 0.502$) anzunehmen, so liegt hier bei einer fast kreisförmigen Bahn kein Grund zu einer solchen Annahme vor. Die von Tikhoff ausgesprochene Ansicht, daß jede der Komponenten wieder ein Doppelstern sei, ist ja nicht direkt abzuweisen; sie erhält aber durch das ähnliche Verhalten der Linien bei ζ Ursae majoris meiner Ansicht nach keine Stütze. Ich möchte daher die Aufmerksamkeit auf folgende Überlegung lenken: Die Spektra der Klasse Ia 2 zeigen außer den breiten Wasserstofflinien, den Linien des Kalziums, Magnesiums, Eisens und Titans nur eine mehr oder minder große Anzahl ganz schwacher Linien. Im Spektrum von β Aurigae erscheint zu der Zeit der vollkommenen oder nahezu vollkommenen Deckung beider Spektra das kontinuierliche Spektrum durchzogen von einer sehr großen Anzahl feiner Linien, so daß dem kontinuierlichen Spektrum das Aussehen einer feinen, stellenweise nicht aufzulösenden Schraffierung verliehen wird. Bei der Verschiebung zweier solcher übereinander gelagerter Spektra gegeneinander, projizieren sich die Linien des einen Spektrums auf den durchaus nicht gleichmäßigen Spektralgrund des andern Spektrums, und es können und müssen dadurch Linien, die man in dem einzelnen Spektrum kaum erkennen konnte, plötzlich stärker hervortreten; andere aber werden, wenn sie gerade mit einer hellern Stelle des superponierten Spektrums zusammenfallen, stark geschwächt werden. Ich bin der Ansicht, daß sich möglicherweise damit auch die zeitweisen Verdopplungen, der Wechsel der relativen Intensität oder der Schärfe der breiten, getrennt erscheinenden Magnesiumlinien oder Ti-Linien oder der Linie K erklären lassen. Es kommt ferner noch hinzu, daß die Absorption in den Atmosphären der Körper von der Spektralklasse Ia 2, vielleicht mit Ausnahme der Kalziumabsorption, keine so kräftige ist, so daß die Linien im allgemeinen bei der Übereinanderlagerung zweier Spektra noch zum Teil aufgehellt werden, wenn die Spektra sich nicht vollkommen decken. Darauf beruht es auch, daß

das Gelingen spektrographischer Aufnahmen derartiger Spektra so sehr von der richtigen Expositionszeit abhängt. Ohne Zweifel spielt ferner die Struktur der photographischen Schicht hier eine viel größere Rolle als bei der Aufnahme nicht übereinander liegender Spektra. Zur Ergründung der besprochenen Erscheinungen sind nur Spektrogramme, die mit Hilfe eines sehr stark zerstreuenden Spektrographen auf möglichst feinkörnigen Platten hergestellt sind, verwendbar. Es wird erforderlich sein, häufige Aufnahmen in kurzen Zwischenräumen vorzunehmen und die Veränderungen an der Magnesiumlinie λ 4481 mit denen an andern Linien zu vergleichen."

Das Spektrum und die Bahn von δ Orionis. Dieser Stern 2.5 Größe gehört zu denjenigen Fixsternen, welche einen geringen Lichtwechsel erkennen lassen. Im Jahre 1834 wurde John Herschel zuerst auf dessen Helligkeitsänderungen aufmerksam, und 20 Jahre später bestätigte Sulzer die letztern. Auwers glaubte aus seinen Beobachtungen 1854 bis 1858 sogar eine bestimmte Lichtperiode ableiten zu können und fand dieselbe zu 16.08 Tagen bei einer Helligkeitsschwankung von 0.5 Größenklasse. Schönfeld hat diesen Lichtwechsel im allgemeinen auch erkannt und den Stern bestimmt zu den Veränderlichen gerechnet.

Im Winter 1899 bis 1900 hat H. Deslandres mit dem großen photographischen Teleskop zu Meudon bei Paris das Spektrum von δ Orionis an elf Abenden aufgenommen und fand bei Vergleichung der Platten deutliche, periodische Verschiebungen der Spektrallinien. Er erklärte infolgedessen den Stern für einen solchen mit veränderlicher Geschwindigkeit in der Gesichtslinie, also für einen spektroskopischen Doppelstern. Aus seinen Messungen leitete Deslandres eine Umlaufszeit des sichtbaren Sternes um den mit seinem unsichtbaren Begleiter gemeinsamen Schwerpunkt von nur 1.92 Tagen ab. Mit dieser Umlaufsdauer ließen sich jedoch die nahe gleichzeitigen Aufnahmen auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam nicht vereinigen, und Prof. J. Hartmann beschloß deshalb, den Stern weiter zu beobachten. Da die Spektrallinien desselben sehr verwaschen sind, so erschien es vorteilhafter, die Aufnahmen mit geringerer Dispersion (an einem Spektrographen mit nur einem Prisma) zu machen. Solche hat Prof. Hartmann in den Wintermonaten 1901 bis 1902 und 1902 bis 1903 in größerer Anzahl ausgeführt, und ihre Bearbeitung hat ihn dann zu sehr interessanten Ergebnissen geführt. [1])

„Der Stern δ Orionis", bemerkt Prof. Hartmann, „gehört zum Typus der Orionsterne (I b), deren Spektrum neben den Linien des Wasserstoffes hauptsächlich die des Heliums zeigt. Im vorliegenden Falle sind alle diese Linien äußerst verwaschen und matt, so daß ihre Messung sehr schwierig und unsicher ist. Wegen der geringen

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. in Berlin 1904. p. 527.

Intensität der Linien sind alle Plattenfehler sehr störend, und infolge ungleichmäßiger Kornablagerung erscheinen die Linien häufig krumm und unsymmetrisch, bisweilen sogar verdoppelt. Durch eine besondere Untersuchung habe ich mich davon überzeugt, daß die Andeutungen von Verdopplungen und unsymmetrischen Verbreiterungen nicht durch Linien veranlaßt sein können, welche der zweiten Komponente des Systemes angehören; jedoch halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß die Form der Linien, vielleicht infolge heftiger Bewegungen in der Gashülle des Sternes, kleinen reellen Änderungen unterworfen ist. Muß man hiernach δ Orionis für ein Doppelsternsystem halten, dessen eine Komponente, wie man sich auszudrücken pflegt, „dunkel" ist, so möchte ich doch darauf aufmerksam machen, daß man hier unter „Dunkelheit" nur einen relativ geringen Helligkeitsunterschied zu verstehen hat. Schon ein Unterschied von etwa einer Größenklasse würde ausreichen, um das Spektrum der schwächern Komponente fast zum völligen Verschwinden zu bringen, und bei einem Unterschiede von zwei Größenklassen ist es unmöglich, daß auch nur eine Spur des schwächern Spektrums erscheint. In dieser geringen Größendifferenz, die zur Auslöschung des schwächern Spektrums genügt, liegt auch die Erklärung der Tatsache, daß sich unter den zahlreichen bisher entdeckten spektroskopischen Doppelsystemen nur eine sehr kleine Anzahl solcher befindet, bei denen sich auch die zweite Komponente im Spektrum nachweisen läßt."

Die Ausmessung der Position der einzelnen Linien auf der Platte hat Prof. Hartmann mit ganz besonderer Sorgfalt durchgeführt, um von Fehlern in der persönlichen Auffassung des Messenden möglichst frei zu bleiben. Auch hat er sich dabei nicht auf die Wasserstofflinie $H\gamma$ beschränkt, sondern im ganzen die Position von 20 verschiedenen Linien gemessen, darunter die Hauptlinien des Wasserstoffes und Heliums, sowie Linien des Siliziums und eine Kalziumlinie (λ 3934). Die sämtlichen Linien zeigen periodische Verschiebungen ihrer Lage, welche eine Bahnbewegung des Sternes δ Orionis offenbaren; nur allein die Kalziumlinie macht davon eine Ausnahme, indem sie überraschender Weise an der durch die Bahnbewegung des Sternes verursachten periodischen Linienverschiebung durchaus nicht teilnimmt. Prof. Hartmann hat diese Tatsache außer jeden Zweifel gestellt, und es fragt sich jetzt, wie sie zu erklären ist. „Das die dieser dunkeln Linie entsprechende Absorption," sagt Prof. Hartmann, „erst in der Erdatmosphäre stattgefunden habe, ist schon wegen der Art dieser Absorption ganz unwahrscheinlich. Auch würde dann die betreffende Linie überhaupt in jedem Sternspektrum auftreten, und die aus ihrer Lage berechneten Geschwindigkeiten müßten durch Anbringung der Reduktion auf die Sonne in schlechtere Übereinstimmung kommen. Allein gerade das Gegenteil ist der Fall; erst durch Reduktion auf die Sonne wird der Wert völlig konstant, und hierdurch ist der kosmische Ursprung der Linie bewiesen. Die zu-

nächst liegende Annahme, daß die beobachtete Linie der zweiten Komponente des Doppelsternsystemes angehöre, führt auf zwei Schwierigkeiten. Man müßte nämlich für die zweite, lichtschwächere Komponente eine mindestens zehnmal so große Masse annehmen als für den hellen Stern. Ist dies schon sehr unwahrscheinlich, so ist es noch auffälliger, daß sich von dem Spektrum des zweiten Körpers keine einzige weitere Linie verraten sollte. Das Auftreten einer solchen einzelnen Linie würde sich durch keinen der bisher bekannten Spektraltypen erklären lassen, und es weist vielmehr mit ziemlicher Sicherheit auf das Vorhandensein einer mit dem Sterne nicht unmittelbar zusammenhängenden absorbierenden Gasschicht hin.

Man wird hierdurch zu der Annahme geführt, daß sich auf der Gesichtslinie zwischen der Sonne und δ Orionis an irgend einer Stelle des Raumes eine Wolke befindet, welche jene Absorption hervorbringt und sich mit 16 *km* Geschwindigkeit von uns entfernt, falls man noch die nach der Natur der beobachteten Linie sehr wahrscheinliche Annahme zuläßt, daß die Wolke aus Kalziumdampf besteht. Diese Folgerung findet eine wesentliche Stütze in einer ganz ähnlichen Erscheinung, die das Spektrum der Nova Persei im Jahre 1901 zeigte. Während in diesem Spektrum die Linien des Wasserstoffes und anderer Elemente durch ihre enorme Verbreiterung und Verschiebung und den fortwährenden Wechsel ihrer Form auf stürmische Vorgänge in der Gashülle des Sternes schließen ließen, wurden während der ganzen Dauer der Erscheinung die beiden Kalziumlinien λ 3934 und λ 3969, sowie die D-Linien als völlig scharfe Absorptionslinien beobachtet, welche die konstante Geschwindigkeit + 7 *km* ergaben. Schon damals äußerte ich den Gedanken, daß die genannten scharfen Linien wahrscheinlich ihre Entstehung nicht auf der Nova selbst, sondern in einer in der Gesichtslinie liegenden Nebelmasse hätten, eine Ansicht, die durch die spätere Entdeckung der Nebel in der Umgebung der Nova nur an Wahrscheinlichkeit gewonnen hat. Auch bei δ Orionis ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Wolke in Zusammenhang mit den ausgedehnten Nebelmassen steht, welche von Barnard in der Umgebung nachgewiesen wurden. Die zweite Kalziumlinie λ 3969 wird im Spektrum von δ Orionis durch die breite Wasserstofflinie $H\varepsilon$ überdeckt und kann daher nicht beobachtet werden.

An welcher Stelle der Visierlinie die Nebelmasse liegt, läßt sich nicht ermitteln; um ihre seitliche Ausdehnung zu bestimmen, wird man die Spektra der benachbarten Sterne, namentlich solcher mit veränderlicher oder stark abweichender Geschwindigkeit, auf das Vorkommen der Kalziumlinie zu prüfen haben. In den Spektren von ζ und ε Orionis ist diese Linie vorhanden, doch kann man, da die Geschwindigkeit dieser Sterne nur wenig von der oben angegebenen Bewegung der Wolke abweicht, ihre Zugehörigkeit zum Spektrum des Sternes oder der Wolke nicht entscheiden.“

Indem Prof. Hartmann zur Bestimmung der Bahn überging, die δ Orionis mit seinem Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beschreibt, fand er auf Grund des einen größern Zeitraum umfassenden Materiales, daß die von Deslandres vermutete Umlaufsdauer nicht zutreffend ist, sondern die wahre Umlaufszeit 5^d 17^h 34^m 48^s beträgt mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm 17^s$. Die weitere Rechnung ergab folgendes:

Bewegung des Schwerpunktes der Bahn (V_c) = + 23.1 *km*,
Zeit des Periastrums (T) = 1902 Februar 12.35,
Epoche, in welcher V = Null (t_0) = 1902 Februar 11.13,
Länge des Perihels vom Knoten an (ω) = 339° 18.9',
Länge des entferntesten Punktes der Bahn (u_1) = 95° 32.9',
Länge des nächsten Punktes der Bahn (u_2) = 264° 27.1',
Exzentrizität (e) = 0.103 34.
Projektion der großen Halbachse der Bahn auf die Gesichtslinie zur Erde (a · sin i) = 7 906 600 *km*.

Die Neigung i der Bahn bleibt unbekannt, und daher kann man den Wert der halben großen Achse nicht direkt ermitteln. „Dagegen kann man die Distanzen angeben, bis zu welchen sich der sichtbare Stern hinter und vor diese Ebene bewegt, denen also die oben mit u_1 und u_2 bezeichneten Längen entsprechen. Es ergibt sich, daß sich der Stern bis 8 069 400 *km* hinter diese Ebene und bis 7 498 500 *km* vor die Ebene bewegt. Macht man folgende Annahmen für die Neigung der Bahn gegen die Gesichtslinie zur Erde, nämlich i = 45°, 60°, 75° und 90°, so erhält man folgende Werte für die große Halbachse a der Bahn:

für i =	a =
45°	11 182 000 *km*
60	9 129 800 „
75	8 185 600 „
90	7 906 600 „

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, daß die Bahn, falls man i nicht sehr klein annimmt, etwa den sechsten Teil des Durchmessers der Merkurbahn hat. Sind die Massen der beiden Komponenten des Doppelsystemes nahezu gleich, so würde hiernach der Abstand der Sterne voneinander ungefähr ein Drittel des Abstandes des Merkur von der Sonne sein.

Da über die Bewegung des Begleiters nichts bekannt ist, so kann man bezüglich der Masse des Systemes nur unter gewissen Annahmen zu näherungsweisen Schätzungen gelangen. Prof. Hartmann kommt hiernach zu dem Ergebnisse, daß bei δ Orionis die beiden Massen nahezu gleich sein dürften, und die Gesamtmasse des Systemes wahrscheinlich fünf- bis zehnmal größer als die Masse unserer Sonne ist.

Die Bahn des spektroskopischen Doppelsternes ι Pegasi. Die Tatsache, daß ι Pegasi ein spektroskopischer Doppelstern ist, wurde von Campbell entdeckt und im Mai 1899 veröffentlicht. Jetzt hat Heber D. Curtis von der Licksternwarte eine genaue Bahnberechnung dieses Binarsystemes ausgeführt, und zwar gestützt auf

die Messungen der Linienverschiebungen auf 43 photographischen Platten, die zwischen 1897 Oktober 7 und 1903 Dezember 1 auf der Licksternwarte erhalten wurden. Diese Messungen liefern für die Geschwindigkeiten des sichtbaren Hauptsternes in der Gesichtslinie größtenteils sehr genaue Werte, und infolgedessen konnte die Bahn dieses Doppelsystemes mit einem hohen Grade von Zuverlässigkeit abgeleitet werden. Nachstehend sind die endgültigen Werte für die einzelnen Bahnelemente, zu denen der Berechner gelangte, angegeben:

Dauer des Umlaufes um den gemeinsamen Schwerpunkt P = 10.21312 Tage ± 0.0006 "
Geschwindigkeit des Massenschwerpunktes des Systemes V = — 4.12 *km* ± 0.11 "
Zeit des Periastrums . . . . T = 1899 Juni 14.966 ± 0.352 Tage
Exzentrizität der Bahn . . . . e = 0.0085 ± 0.0040
Positionswinkel des Periastrums . . . . ω = 251.807° ± 1.373°
Halbe große Achse der Bahn . . . . a sin i = 6.740000 *km*

Die Geschwindigkeit von ι Pegasi in der Gesichtslinie variiert zwischen + 43.7 und — 52.1 *km* in der Sekunde. Die genauesten Untersuchungen des Sternes am 36-zölligen Refraktor haben keine Spur des Begleiters oder einer Verlängerung der runden Scheibe des Sternes erkennen lassen.

Sterne mit eigentümlichen Spektren. Bei Untersuchung der photographischen Platten der Harvardsternwarte hat Mrs. Fleming wieder eine Anzahl von Sternen mit eigentümlichen Spektren

Sternbild	R. A. 1900	Dec. 1900	Größe	Spektrum	Beschreibung	Entdecker
	h m	° ′				
Taurus	5 46.9	+ 15 57	. .	. . .	Veränderlich	W. P. Fleming
Auriga	6 27.6	+ 42 34	9.3	N.	"	W. P. Fleming
Canis Minor	7 42.8	+ 5 44	. .	. . .	"	L. D. Wells
Vela	8 11.7	— 46 10	7.1	B 3 A	Hβ B. hell	A. J. Cannon
Vela	9 20.4	— 48 26	10.0	Md.	Veränderlich	W. P. Fleming
Carina	9 35.9	— 59 38	. .	helle Lin.	Gasnebel	W. P. Fleming
Carina	10 8.3	— 57 33	6.7	B 3 A	Hβ B. hell	W. P. Fleming
Carina	10 32.8	— 70 12	. .	Md.	Veränderlich	W. P. Fleming
Vela	11 8.6	— 47 40	9.9	P.	dunkle Band.	W. P. Fleming
Ursa Major	11 51.3	+ 58 25	7.5	Md.	Veränderlich	E. S. King
Crux	12 50.7	— 57 21	. .	P.	"	W. P. Fleming
Centaurus	13 7.6	— 56 26	9.4	. . .	"	S. E. Breslin
Virgo	13 31.0	— 19 5	9.0	. . .	"	W. P. Fleming
Ara	17 11.6	— 45 52	10.0	N.	"	L. D. Wells
Lyra	18 37.6	+ 28 43	9.3	Mc.	"	W. P. Fleming
Telescopium	20 12.9	— 50 8	10.0	N.	"	L. D. Wells
Capricornus	20 13.3	— 16 10	8.0	Mc.	"	W. P Fleming
Cygnus	20 58.9	+ 48 54	8.4	. . .	"	J. A. Dunne
Indus	21 3.1	— 54 7	10.0	P.	dunkle Band.	W. P. Fleming
Cepheus	22 12.9	+ 55 7	. .	helle Lin.	Typ. V.	W. P. Fleming
Lacerta	22 19.9	+ 50 28	. .	" "	Gasnebel	W. P. Fleming
Pegasus	22 59.2	+ 14 45	. .	. . .	Veränderlich	E. C. Pickering

entdeckt, von denen Prof. Pickering ein Verzeichnis gibt.[1]) Dasselbe ist hier wiedergegeben. Die Örter gelten für 1900, die Spektralklassen sind die von der Harvardsternwarte adoptierten.

Auf einer am 15. Juli 1898 aufgenommenen Platte zeigt das Spektrum des Veränderlichen RS Ophiuchi den Typus III mit den Linien $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ hell mit den Intensitäten resp. 2, 1, 5, 10 und 20, außerdem zwei helle Linien mit den Intensitäten 7 und 14. Sie scheinen zusammenzufallen mit den hellen Linien im Spektrum von γ Velorum, deren Wellenlängen sind: λ 4656 und λ 4691. Bis jetzt ist kein anderer veränderlicher Stern mit einem solchen Spektrum bekannt.

Der Ringnebel in der Leyer ist von Prof. Schaerberle auf der Sternwarte zu Ann. Arbor (N.-A.) photographiert worden. Derselbe bediente sich dazu eines Spiegelteleskops, dessen parabolischer Spiegel bei 33 *cm* freier Öffnung nur eine Brennweite von 0.5 *m* besitzt, also in bezug auf Lichtstärke alle gleichzeitigen photographischen Fernrohre übertrifft. Von dem Zentralsterne des Nebels gehen auf der Photographie zwei spiralige Streifen aus, die sich ihrerseits wiederum verzweigen und einander durchkreuzend den bekannten nebligen Ring bilden. Auch über diesen hinaus zeigt die Photographie noch feine Nebelbogen, so daß dieses Gebilde im großen und ganzen an die Spiralnebel erinnert. Das nämliche gilt nach Schaerberles Aufnahmen von dem Nebel im Fuchs (N G K 6853), den Rosse unter dem Namen Dumbbellnebel beschrieben und gezeichnet hat. Auch der große Sternhaufen im Herkules (N G K 6205) zeigt nach Schaerberles Photographie fein spiralige Nebel, auf denen sich die Sterne projizieren, obgleich bis jetzt weder die großen Teleskope, noch andere Photographien in diesem Haufen die geringste Spur von Nebligkeit gezeigt haben. Allerdings ist das Schaerberlesche Instrument infolge seiner kurzen Brennweite so außerordentlich lichtstark, daß es nach einer Belichtung von nur wenigen Minuten auf der photographischen Platte die feinsten Sterne hervorruft, die nur am Yerkesrefraktor direkt gesehen werden können, und insofern hat das Erscheinen jener feinen Nebligkeiten in dem großen Sternhaufen im Herkules durchaus nichts Auffallendes. Indessen ist doch zu wünschen, daß die von Schaerberle mit seinem Instrumente erhaltenen Resultate von anderer Seite Bestätigung finden. Dieses photographische Spiegelteleskop hat übrigens infolge seiner kurzen Brennweite nur ein sehr kleines, unverzerrtes Gesichtsfeld (etwa von 30′ Durchmesser), und auch die Dauer der Belichtung darf eine Stunde nicht sehr übersteigen, da sonst Schleierbildung eintritt.

---

[1]) Harvard College Observatory Circular Nr. 76.

Die Position der Ebene der Milchstraße. Prof. Simon Newcomb hat hierüber eine wichtige Untersuchung veröffentlicht. „Es ist", sagt er, „eine bekannte Tatsache, daß das Himmelsgewölbe in der Richtung der Pole der Milchstraße am sternärmsten erscheint, und daß die Zahl der sichtbaren Sterne zuerst langsam, dann aber rascher in der Richtung gegen die Milchstraße hin zunimmt. Innerhalb des Milchstraßengürtels scheint die Sterndichte ziemlich gleichmäßig zu sein, aber in der Milchstraße selbst stehen die Sterne dichter, und es zeigen sich oft Sternanhäufungen mit bestimmten Begrenzungen". Die Hauptaufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Bestimmung der Hauptebene der Milchstraße und die Erörterung der Frage, ob die nicht zu dieser gehörigen Sterne in der Richtung gegen die Ebene derselben dichter stehen oder in bezug auf irgend eine andere Ebene. Prof. Newcomb geht von keiner Hypothese über die wirkliche Dichte der Sternanhäufung im Raume aus, sondern betrachtet lediglich die scheinbare Verteilung der Sterne am Himmelsgewölbe. „Wir denken uns", sagt er, „eine beliebige Ebene durch unsern Standpunkt gelegt, der den Anfangspunkt der Koordinaten bildet, und diese Ebene unbegrenzt in den Raum hinaus erweitert. Dieselbe schneidet dann die Himmelssphäre in einem größten Kreise. Die senkrechte Entfernung eines Sternes von dieser Ebene wird der Sinus seines Winkelabstandes von dem erwähnten größten Kreise sein. Bildet man die Summe der Quadrate dieser Sinusse für das ganze betrachtete System der Sterne, so wird der Wert dieser Summe sich ändern mit der Lage, die wir jener Ebene zuweisen. Die Hauptebene der Sterndichte wird weiter diejenige sein, für welche die erwähnte Summe der Quadrate am kleinsten ist. Die Ausführung dieser Rechenoperation führt auf eine kubische Gleichung, deren drei Wurzeln die drei Hauptebenen des betrachteten Sternsystemes bezeichnen, und zwar entspricht die kleinste der Ebenen der Verdichtung, während die andern Ebenen rechtwinklig dazu stehen. Wenn das betrachtete Sternsystem auf einem größten Kreise liegt, so wird der Wert der kleinsten Wurzel der Gleichung gleich Null. In Anwendung dieses Gedankenganges auf die Milchstraße entsteht eine Schwierigkeit dadurch, daß letztere zwischen den Sternbildern Adler und Schwan eine große Trennung oder Bifurkation zeigt. Prof. Newcomb betrachtet deshalb zwei Fälle, indem er einmal den abgetrennten Zweig der Milchstraße mit in Rechnung zieht, in dem zweiten Falle ihn dagegen unberücksichtigt läßt. In keinem von beiden Fällen findet sich indessen, daß die mittlere Ebene der Milchstraße genau einen größten Kreis des Himmelsgewölbes darstellt, und daraus folgt weiter, daß unsere Erde nicht im Mittelpunkte des Milchstraßengürtels sich befindet. Prof. Newcomb geht dann zur Untersuchung des Streifens oder Gürtels hellerer Sterne über, welchen zuerst Sir John Herschel erkannte, und der später von Gould ebenfalls hervorgehoben wurde. Dieser Gürtel zieht sich in einem größten Kreise über den Himmel, welcher die

Ebene der Milchstraße unter einem Winkel von etwa 20° schneidet. Aus der Berechnung der scheinbaren Lage am Himmelsgewölbe von 36 hellen Sternen mit schwachen Eigenbewegungen findet Prof. Newcomb, daß dieser Gürtel die Milchstraßenebene unter einem Winkel von 11° kreuzt. Dann untersucht er weiter, ob sich die Sterne bis einschließlich 2.5 Größe um eine Hauptebene gruppieren, hierauf diejenigen bis 3.5 Größe, dann alle hellen Sterne, und zuletzt dehnt er diese Untersuchung auch auf die Sterne des 5. Spektraltypus aus, welche unter der Bezeichnung Sterne des Wolf-Rayet-Typus zusammengefaßt werden. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse dieser Rechnungen, indem sie die Position der Pole der Hauptebenen, um welche sich die betreffenden Sterne gruppieren, angibt. Die entsprechende Hauptebene liegt also am Himmel in einem größten Kreise, der überall 90° von dem zugehörigen Polpunkte entfernt ist.

	Polpunkt	
	Rektass.	Deklin.
Ebene der Milchstraße (ohne Berücksichtigung der Trennung im Schwan)	192.8°	+ 27.2°
Ebene der Milchstraße (einschließlich der Trennung)	191.1	+ 26.8°
Goulds Sternengürtel (nach Gould)	171.2	+ 30.0
Derselbe, aus 36 Sternen mit schwacher Eigenbewegung	179.6	+ 26.4
Ebene der Sterne bis 2.5 Größe	181.2	+ 17.4
„ „ „ „ 3.5 „	180.0	+ 21.5
„ aller hellen Sterne	180.0	+ 21.5
„ der Sterne des fünften Typus	190.9	+ 26.7

Aus einer Prüfung des Sternreichtumes der Milchstraßenregion schließt Prof. Newcomb, daß, wenn die galaktischen Agglomerationen außer Betracht bleiben, die Zusammendrängung der hellen Sterne um ihre Hauptebene kaum größer erscheint als bei zufälliger Gruppierung, und daß immer noch eine Zunahme des Sternenreichtumes des Himmelsgewölbes von den Polen gegen die Ebene der Milchstraße hin stattfindet, etwa bis zum doppelten Betrage des an den Milchstraßenpolen bestehenden.

Geophysik.

Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Der Zustand des Eisens im Erdinnern. Das mittlere spezifische Gewicht der Erde läßt es überaus wahrscheinlich erscheinen, daß das tiefe Erdinnere aus Schwermetallen besteht, darunter wahrscheinlich auch Eisen in großen Mengen vertreten sein dürfte. Über den Zustand, in welchem dann letzteres sein müßte, hat sich G. Tammann verbreitet. [1])

Man kennt vom Eisen drei allotropische Zustände. Bei Erhitzung des reinen Eisens absorbiert dieses bei 770° eine erhebliche Wärmemenge, ohne sein Volumen merklich zu ändern, und verliert die Fähigkeit, der Magnetisierbarkeit fast vollständig; das bei gewöhnlicher Temperatur beständige α-Eisen wandelt sich in β-Eisen um. Bei weiterer Temperatursteigerung absorbiert das β-Eisen bei 890° nochmals Wärme, jetzt unter nicht unerheblicher Volumenänderung, indem es sich in das bis zum Schmelzpunkte beständige γ-Eisen umwandelt. Diese Umwandlungen sind reversibel, sie treten bei der Abkühlung im entgegengesetzten Sinne wieder ein, so daß also bei dem Übergange von γ-Eisen in β- oder α-Eisen infolge der Abkühlung eine Volumenvermehrung stattfindet. Die Temperatur der Umwandlung wird durch steigenden Druck, sowie durch Zusatz anderer Elemente, so insbesondere von Kohlenstoff oder Nickel, erniedrigt. Vom Nickel wurde überdies ermittelt, daß sich durch Zusatz von bis zu 30% Nickel der Umwandlungspunkt und hiermit der Verlust der Magnetisierbarkeit unter deutlicher Verkürzung bis auf Zimmertemperatur erniedrigen lasse, diese Umwandlung jedoch nicht bei gleicher Temperatur reversibel ist, sondern bei der Abkühlung die Verlängerung zusammen mit der Wiederkehr der Magnetisierbarkeit erst bei einer bis um 400° niedrigern Temperatur eintritt; wogegen Zusätze von 40 bis 100% Nickel zur Folge haben, daß der wiederum reversible Verlust der Magnetisierbarkeit ohne merkliche Volumenänderung erfolgt. Infolge dieser Abhängigkeit vom Druck und von Beimengungen wird sich das Eisen in der Erde schon in nicht er-

---

[1]) Zeitschrift f. unorgan. Chemie 37.

heblicher Tiefe im γ-Zustande befinden. Das in Tiefen über $^1/_{100}$ Erdradius (bei über 16 000 *kg* Druck und über 600° Temperatur) in der Erde vorkommende Eisen, welches wohl nickel- und kohlenstoffhaltig ist, könnte sich nur im γ-Zustande befinden, in dem es nur schwach magnetisierbar ist. Bei sinkender Temperatur der Erde würde dann das Eisen unter Volumenvergrößerung in den stärker magnetisierbaren Zustand übergehen.

Vorläufige Ergebnisse des internationalen Breitendienstes in der Zeit von 1903.0 bis 1904.0 hat Prof. Th. Albrecht veröffentlicht.[1]) Hiernach hat sich der Momentpol während des Jahres 1903 vom mittlern Pole noch weiter entfernt als in den Vorjahren, und es ist anzunehmen, daß wir uns gegenwärtig in einer Periode des Maximums der Breitenvariation befinden.

Die Schwankungen der Polhöhe. Prof. Albrecht hat zur[2]) Darstellung der Polhöhenänderung für die sechs Stationen des Breitendienstes der internationalen Erdmessung eine Formel gegeben, in welcher sich ein Glied (z) findet, dessen Existenz zuerst von Dr. Kimura[3]) nachgewiesen worden, und das einen mit der Zeit veränderlichen, aber für die sechs Stationen gleichen Wert hat. Von verschiedenen Seiten hat man versucht, die Ursache der von diesem Gliede abhängigen Breitenänderung zu bestimmen. Chandler berechnet in Astr. Journ. Nr. 530 den Einfluß eines Fehlers in der benutzten Aberrationskonstante und einer mittlern Parallaxe der beobachteten Sterne. Nach seinen Formeln ist es möglich, den Wert von z durch eine mittlere Parallaxe dieser Sterne im Betrage von 0.128″ darzustellen, aber die wirkliche mittlere Parallaxe ist ohne Zweifel viel kleiner, so daß in dieser Weise nur ein sehr kleiner Teil der beobachteten Breitenänderung erklärt werden kann. Durch einen Fehler in der Aberrationskonstante läßt sich der beobachtete Wert von z gar nicht darstellen.

Eine Bewegung des Erdschwerpunktes in der Richtung der Erdachse würde eine für alle auf demselben Parallel liegenden Stationen gleiche Breitenänderung hervorrufen. Nimmt man nach dem von Albrecht bestimmten Werte eine jährliche periodische Änderung mit einer Amplitude von 0.04″ an, so würde die jährliche periodische Bewegung des Schwerpunktes eine Amplitude haben von ungefähr 1.5 *m*; die Verschiebung des Schwerpunktes zwischen den äußersten Lagen wäre also 3 *m*. Will man diese Bewegung durch Abschmelzen von Eis in den Polargegenden erklären, so muß man annehmen, unter der Voraussetzung, daß durch den Druck des Eises das Festland sich

---

1) Astron. Nachr. Nr. 3945.
2) Resultate des internationalen Breitendienstes 1.
3) Astron. Nachr. 158. p. 233.

nicht deformiert (auf diesen Umstand hat Helmert hingewiesen), daß auf dem Polarkontinente eine Menge von ungefähr 3 Millionen Kubikkilometer Eis abschmelzen sollte. Das ist eine Eisdecke von 1 *km* Dicke auf einem Festlande von ungefähr 244 Quadratgrad oder auf einem Teile der Erdoberfläche innerhalb eines Kreises von ungefähr 9° Radius. Betrachtet man die Wärmemenge, welche die Erde jährlich von der Sonne empfängt, so leitet man daraus leicht ab, daß eine solche jährliche Umwandlung von Eis in Wasser in den Polargegenden nicht möglich ist. Es ist jedoch nicht unmöglich, daß durch andere uns bis jetzt unbekannte Ursachen eine solche Schwerpunktsverschiebung hervorgerufen wird.

Prof. H. G. van de Sande Bakhuyzen in Leiden versuchte nun zu zeigen,[1]) daß unter den verschiedenen Hypothesen zur Erklärung der durch z in Albrechts Formel dargestellten Breitenänderung von dem jetzigen Standpunkte diejenige als die meist wahrscheinliche oder am wenigsten unwahrscheinliche erscheint, welche diese Änderung für nicht reell, sondern als durch Refraktionsanomalien hervorgerufen betrachtet. Bevor man über die Zulässigkeit dieser Hypothese ein bestimmtes Urteil fällen kann, muß jedoch noch verschiedenes untersucht werden. Es sind dazu nötig einerseits Bestimmungen der Breitenvariation an Stationen unter sehr verschiedenen Breiten auch in der südlichen Hemisphäre, anderseits Untersuchungen über die Neigungen der Luftschichten gleicher Dichte, deren Einfluß schon früher bei den allgemeinen Refraktionstheorien u. a. von Gyldén und Radau erwähnt worden ist.

Über die Ursache der Breitenvariation bemerkt Dr. A. Caspar am Schlusse seiner Abhandlung über die Polhöhe der Sternwarte zu Heidelberg[2]) folgendes:

„Daß die Breitenvariation nicht allein durch äußere Einflüsse sondern hauptsächlich wohl durch Massenverschiebungen in und auf der Erde bedingt wird, ist schon verschiedentlich diskutiert worden.

Die Bewegungen von zur Erde gehörigen Massen kann man in säkulare und periodische trennen. Die säkularen Massenbewegungen werden wegen der verhältnismäßigen Geringfügigkeit der dabei in Betracht kommenden Massen einen kaum merklichen Einfluß auf die jährliche Breitenvariation ausüben. Sie werden zum größten Teile von dem allmählichen Ebenen der Erdoberfläche durch die Flüsse und durch die Handelstätigkeit des Menschen verursacht. Hinsichtlich der letztern will ich nur auf die Ausfuhr von Kohlen und Petroleum hinweisen, deren Verbrennungsprodukte sich dann nahezu gleichmäßig über die ganze Erdoberfläche ausbreiten werden, während die Ausfuhrländer hauptsächlich auf der nördlichen Halb-

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3937. p. 9.

[2]) Bestimmung der Polhöhe der Sternwarte zu Heidelberg. Hamburg 1903.

kugel liegen. Zu den säkularen Massenbewegungen könnte man allenfalls noch die Staubfälle, verursacht durch vulkanische Eruptionen oder durch Sturmwinde, rechnen; doch sind die auf diese Art und Weise bewegten Massen sehr gering. Verf. selbst befand sich vor etwa sechs Jahren zwischen Kap Verde und den kanarischen Inseln sieben Tage lang in einem dichten Staubregen, so daß man nur etwa 100 *m* weit sehen konnte; dennoch betrug die Dicke der Staublage, die sich in den sieben Tagen gebildet hatte, nur wenig über 1 *mm*.

Periodische Massenbewegungen im Innern der Erde sind wegen der Unbeweglichkeit dieser Massen infolge des auf ihnen lastenden großen Druckes ziemlich unwahrscheinlich. Tatsächlich vorhanden sind solche periodische Massenbewegungen bei der Luft und besonders beim Wasser.

Schon bei mäßigen auflandigen Winden kann man an den Küsten ein Steigen, bei ablandigen Winden ein Fallen des Wasserstandes bemerken. Bei schweren Stürmen können die dadurch verursachten Meeresniveaudifferenzen beispielsweise an der Nordküste Deutschlands bis zu 4 *m* betragen. Es ist daraus ersichtlich, daß Winde, wie die Monsune und Passatwinde, die ausgedehnte Gebiete beherrschen und teilweise ganz bedeutende Geschwindigkeiten haben, imstande sind, große Wassermassen zu verschieben. Im allgemeinen haben, wie aus den Strom- und Windkarten zu erkennen ist, Meeres- und Windströmungen dieselben Richtungen. Nur wenn das aufgestaute Wasser keinen Abfluß findet, kann es vorkommen, daß eine Meeresströmung ihren Weg direkt gegen den Wind nimmt, dem sie ihr Entstehen zu verdanken hat. Man hätte also an den Strömungen ein Mittel, um Meeresniveaudifferenzen konstatieren zu können. Da aber untere Strömungen, deren Vorhandensein und Natur nur sehr ungenau zu bestimmen ist, die Wirkung der obern Strömungen abschwächen und sogar aufheben können, so wird man dieses Mittel nur für Wasserflächen in Anwendung bringen, deren Niveauänderungen man auf andere Art und Weise nicht bestimmen kann; also für große Meeresteile, innerhalb deren keine Inseln vorhanden sind. Allein zuverlässig sind nur solche Bestimmungen der jährlichen Niveauschwankungen der Ozeane, die durch direkte Wasserstandsmessungen gewonnen sind. Solche Bestimmungen werden aber auch eine Handhabe geben, um die Genauigkeit der durch Richtung der Oberströmungen gewonnenen Resultate zu prüfen.

Schließlich sind noch für die nördliche Halbkugel die sich im Winter aufhäufenden Schneemassen in Betracht zu ziehen."

Über die Reduktion der Schwerebeobachtungen auf das Meeresniveau hat Albert Prey eine Untersuchung ausgeführt.[1]) Indem er

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. Nr. 1. p. 234.

sich die Unebenheiten der Erdoberfläche durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen dargestellt denkt, wird von ihm für die Schwerebeschleunigung eine Formel abgeleitet, welche den Einfluß aller sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten der Erde auf die Schwerereduktion berücksichtigt. Es ergibt sich, daß unter Vernachlässigung der von der zweiten Potenz der Meereshöhen abhängigen Glieder für die Reduktion der Schwere auf das Meeresniveau ohne Veränderung in der Lage der sichtbaren Massen eine der bekannten Young-Bouguerschen analoge Formel maßgebend ist, welche nur die Reduktion wegen der Meereshöhe und wegen der Plattenanziehung gibt.

Soll die Anziehung der sichtbaren Massenunregelmäßigkeiten in Abzug gebracht werden, so genügt bei derselben Genauigkeit die Anwendung einer Entwicklung nach Kugelfunktionen bis einschließlich fünfter Ordnung. Die von den Kugelfunktionen höherer Ordnung herrührenden Glieder summieren sich zu der Anziehung einer horizontal begrenzten, unendlich ausgedehnten Platte, deren Dicke von jenem Teile der Höhe des angezogenen Punktes gebildet wird, welcher nicht der allgemeinen kontinentalen Erhebung angehört, d. h. durch obige Entwicklung nach Kugelfunktionen nicht mehr dargestellt wird.

Eine Untersuchung der Glieder mit der zweiten Potenz der Erhebungen über dem Meere zeigt die Konvergenz des Verfahrens für die Verhältnisse der Erde, wobei sich ergibt, daß diese Glieder mit der topographischen oder Geländereduktion identisch sind.

Die vom Verf. abgeleiteten Formeln sollen dazu dienen, den Einfluß der kontinentalen Massen auf die Schwere zu berechnen, und werden erlauben, die Frage genauer zu untersuchen, inwieweit die sichtbaren Kontinentalmassen durch sogenannte unterirdische Defekte kompensiert sind.

Eine Untersuchung der Oszillationen der Lotlinie auf dem Astrometrischen Institut der Sternwarte bei Heidelberg hat W. Schweydar ausgeführt.[1]) Vor mehr als zehn Jahren hat E. v. Rebeur-Paschwitz den Vorschlag gemacht, die Oszillationen der Lotlinie mittels zweier Horizontalpendel, die in ein und demselben Gehäuse in zwei zueinander senkrechten Ebenen aufgestellt sind, näher zu studieren. Diese Kombination mußte von vornherein aus manchen Gründen gegenüber dem einfachen Apparate von hoher Wichtigkeit erscheinen. In erster Linie ist durch sie die Möglichkeit geschaffen, die Veränderung der Amplitude der periodischen Bewegung des Zenitpunktes mit der azimutalen Richtung zu untersuchen und somit, wenn es sich um elastische Deformationen handelt, zu konstatieren, ob die Elastizität des Erdbodens vom Azimut abhängig ist. Ferner erhält man durch dieses zweifache System eine gewisse Kontrolle für die Realität

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 7. p. 33.

der Resultate. In der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung für jedes Pendel getrennt durchgeführt.

Über die Art und Weise der Aufstellung derselben ist das Original nachzusehen. Die Beobachtungen, d. h. die photographischen Registrierungen der Bewegung des Pendels begannen im Juni 1901 und wurden bis Ende Juli 1902 fortgesetzt.

Das Instrument war so aufgestellt, daß der Vertikalkreis des einen Pendels in die Südostrichtung, der zweite in die Nordostrichtung fiel. Das erstere wird immer kurz als Süd-, das letztere als Nordpendel bezeichnet werden. Zählt man die Azimute im astronomischen Sinne von Süden über Westen nach Norden, so ist das Azimut des Südpendels — 45° und das des Nordpendels — 135°.

In der registrierten Bewegung der Pendel fällt sofort eine Periodizität auf, bei der alles darauf hindeutet, daß sie der Sonnenwirkung zuzuschreiben ist. Schon der Anblick der Kurven zeigt, daß sich dieselben nicht auf einer zur Abszisse parallelen, sondern auf einer gegen diese mehr oder minder geneigten Linie abwickeln. Die gesamte Pendelbewegung ist demnach eine Superposition von periodischen Oszillationen und einem fortschreitenden Gange. Diese unperiodische Veränderung in der Stellung der Pendel nennt man den Nullpunktsgang. Daher hängt die Genauigkeit, mit der man die Sonnenwelle, wie überhaupt alle periodischen Bewegungen ableiten kann, von der Sicherheit ab, die der Elimination des Nullpunktsganges zugrunde liegt.

Der Verfasser findet, daß bei dem Südpendel das Maximum der nördlichen Ablenkung fast das ganze Jahr hindurch um 4 Uhr nachmittags eintritt; das der südlichen Stellung ist bezüglich des Zeitpunktes nicht so konstant; es schwankt zwischen 6 und 9 Uhr morgens. Das Nordpendel dagegen hat das Maximum der südlichen Ablenkung, abgesehen vom Monate Dezember, während des ganzen Jahres um die Mittagszeit; das der nördlichen findet, wenn man die unsichern Wintermonate ausnimmt, zwischen 4 und 8 Uhr morgens statt. Im Frühjahre, Sommer und Herbste entspricht bis auf eine Stunde dem nördlichen Maximum des Nordpendels das südliche Maximum des Südpendels; das Umgekehrte tritt nicht ein. Während nun der Verlauf der Südpendelbewegung sehr einfach ist und darin mit den Beobachtungen von v. Rebeur und Ehlert in Straßburg übereinstimmt, ist dies beim Nordpendel nicht der Fall. Dies ist darauf zurückzuführen, daß hier die höhern Glieder gegenüber der ganztägigen Periode sehr groß sind und in den Wintermonaten dieser sehr nahe kommen, ja sie teilweise übertreffen.

Im ganzen übertrifft die Bewegung des Südpendels die des Nordpendels, doch ist diese Erscheinung nicht etwa auf eine einseitige Erwärmung der Mauern des Gebäudes zurückzuführen, vielmehr muß man eine allgemeine Bodenausdehnung annehmen, wie schon v. Rebeur und Ehlert aus ihren Beobachtungen geschlossen haben. Nur

fragt sich, ob man es zu tun hat mit einem allgemein terrestrischen Phänomen, das verschiedene Orte nach bestimmten Gesetzen beeinflußt, oder mit einer über größere Gebiete sich erstreckenden Massenbewegung, deren Amplitude und Gesetzmäßigkeit ganz und gar von den Terrainverhältnissen abhängt.

Ehlert hat in seiner Abhandlung: „Das Horizontalpendel", die Annahme gemacht, daß unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen die Erde so deformiert wird, daß die der Sonne zugewandte Halbkugel in ein halbes Ellipsoid übergeht, dessen Scheitel auf der Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit der Sonne liegt, und sucht durch geometrische Betrachtungen das Phänomen zu erklären.

Schweydar zeigt aber, daß sich die ganztägige Periode in der Hauptsache nicht durch die Annahme einer allgemeinen Aufwölbung erklären läßt, sondern im vorliegenden Falle nur ein geringer Bruchteil der Amplitude hierin seine Ursache haben kann.

„Wir müssen daher", sagt er, „dieselbe in erster Linie als eine lokale Bewegung der großen Gebirgsmassen ansehen. Hierfür spricht schon der völlig parallele Gang der Amplitude mit der Temperaturoszillation; auch liegt das Maximum der ganzen Bewegung nicht im Frühjahre und Herbste, vielmehr fällt es in die wärmsten Monate."

Demnach registriert das Nordpendel die Bewegung der großen Massen in ihrer Längs-, das Südpendel in ihrer Querrichtung. „Denkt man sich das Gebirge aus lauter parallelen Schichten bestehend, so sind dieselben in ihrer Südostrichtung weit ausgedehnter als senkrecht zu diesem Azimut. Man kann daher wohl annehmen, daß die Komponente der Bewegung des Gebirges in der erstern Richtung kleiner sein wird als in der letztern, da die Massen im erstern Falle mehr zusammenhängen und daher schwerer zu bewegen sind. Hierzu kommt noch, daß der südliche Abhang mehr erwärmt wird als der nördliche, wodurch der ganze Gebirgszug in der Richtung ON' mehr gehoben wird als in seiner Längsrichtung.

Liegen also nur lokale Undulationen vor, so müssen die beobachteten Erscheinungen eintreten. Die Periode wird ganztägig sein."

Was die halbtägige Welle anbelangt, so tritt bei dieser eine halbjährige Periode der Amplitude mit Maximums im September und März deutlich hervor, und alles deutet bei ihr auf eine andere Entstehungsursache. Schweydar glaubt, daß sie ihre Erklärung in der oben erwähnten Aufwölbung findet. Was die drittel- und vierteltägige Periode anlangt, so kann man dieselben nicht als ein Rechnungsresultat ansehen. Für ihre physikalische Realität spricht besonders beim Nordpendel der Gang in den Amplituden, der den entsprechenden Größen der ganztägigen Welle parallel geht. Dieser Parallelismus läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß diese Wellen lokaler Natur sind.

Der Gang in den Phasen läßt sich in der Weise erklären, daß bei geringer Zufuhr von Wärme und somit kleiner Amplitude die Ver-

spätung der Bewegung in den tiefern Schichten des Erdbodens größer wird. Die direkte Anziehung der Sonne erzeugt ebenfalls eine ganz- und halbtägige Periode in der Lotbewegung; doch sind diese zu klein, um einen Beitrag zur Erklärung der beobachteten Werte zu liefern.

Was den Einfluß des Mondes anbelangt, so stellt Verf. zunächst den theoretischen Ausdruck für diese Art von Lotstörung fest. Die Behandlung der Beobachtungen ergibt dann, daß ebenso wie bei der Sonnenwelle die Oszillationen des Nordpendels sich komplizierter gestalten als die des andern. Überraschend ist auch eine dabei auftretende ganztägige Periode, die sich aus der Theorie der Mondattraktion nicht erklären läßt. „Es muß also auch hier die lokale Massenverteilung maßgebend sein; dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn es sich um elastische Deformationen handelt. Wir müssen daher diese Periode dem Installationseinflusse oder elastischen Reaktionen, die durch die Deformation der halbtägigen Welle erzeugt werden, zuschreiben. Sie hat daher vom allgemeinen Standpunkte weniger Interesse.“ Die halbtägige Welle setzt sich aus zwei einander entgegengesetzten Wirkungen zusammen: aus der Anziehung des Mondes und der durch diese hervorgerufenen elastischen Deformation des Bodens. Auch bei der halbtägigen Welle zeigt es sich, daß die elastische Bewegung in der Richtung der Südpendelkomponente größer ist als in der der Nordpendelkomponente.

Sowohl die ganztägige wie halbtägige Welle beweisen, daß der Erdboden in der Richtung des Gebirgszuges weniger elastisch ist als in der hierzu senkrechten Richtung. Wäre dies nicht der Fall, so müßten die Amplituden bei beiden Pendeln gleich sein, wie uns die theoretischen Ausdrücke lehren. Hiermit stimmt auch die Tatsache gut überein, daß in der erstern Richtung die Verfrühung kleiner ist; eine Deformationswelle von geringerer Amplitude wird sich auch langsamer fortpflanzen.

Während bei dem Einflusse der Sonne die Amplitude der halbtägigen Welle in Heidelberg die in Straßburg bedeutend überwiegt, sind beide hier nahezu gleich. Man kann hieraus schließen, daß der Elastizitätskoeffizient des großen Gebietes, das Baden und Elsaß-Lothringen umfaßt, nahezu derselbe ist; der thermische Ausdehnungskoeffizient hat dagegen in Heidelberg einen viel größern Wert.

Verf. behandelt nun den Einfluß der Rotation der elastischen Erde. „Nimmt man“, sagt er, „an, daß der Schwerpunkt der Erde nicht mit ihrem Mittelpunkte zusammenfällt, so müssen, wenn die Erde Elastizität besitzt, unter dem Einflusse der Zentrifugalkraft Oszillationen der Lotlinie entstehen. Da die Periode der Rotation der Erde ein Sterntag ist, so werden auch die Perioden jener Oszillationen aliquote Teile derselben Zeiteinheit sein.“

Es ergibt sich, daß ein beträchtlicher Teil der beobachteten Amplituden auf elastische Wirkungen der Drehung der Erde zurückzuführen ist. Man könnte die Größe dieses Einflusses berechnen,

wenn es möglich wäre, aus dem Werte der Mondanziehung die Amplitude und Verspätung der elastischen Deformation zu finden.

Wahrscheinlich ist, daß durch die Zentrifugalkraft der Rotation elastische Bodenbewegungen hervorgerufen werden, deren Wert 0.004" nicht übersteigt.

Schließlich bemerkt Verf.: „Das Charakteristische an allen den periodischen Bewegungen der Lotlinie, die wir untersucht haben, ist, daß dieselben in der Richtung der Gebirgsmassen weit komplizierter sind als in der senkrechten Richtung. Während die Ordinaten der Oszillationen des Südpendels sich mit Hilfe von zwei Perioden meist gut darstellen lassen oder, wie bei der Sonnenwelle, nur sehr kleine Glieder höherer Ordnung enthalten, sind beim Nordpendel drittel- und vierteltägige Perioden zur Darstellung der Beobachtungen erforderlich. Ferner konnten wir stets konstatieren, daß die elastischen Schwankungen das Nordpendel oft bedeutend weniger beeinflußten als das Südpendel. Der Erklärungsgrund, den wir bei der Diskussion der täglichen Periode der Sonnenwelle angegeben haben, gewinnt daher an Wahrscheinlichkeit.

Wenn wir auch in jedem Falle, abgesehen von der Sonnenperiode, nicht feststellen konnten, ob die kurzperiodischen Glieder Rechnungsresultate darstellen, oder ob sie ihre physikalische Berechtigung besitzen, so scheint es doch wahrscheinlich, daß ihre Existenz reell und die Entstehungsursache in den örtlichen Verhältnissen der Pendelstation zu suchen ist. Dieselben sind stets beim Nordpendel ausgeprägt vorhanden und übertreffen in allen Fällen an Größe die entsprechende Südpendelbewegung. Es sei auch darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Erscheinung der mikroseismischen Unruhe die Bewegung mit sehr kurzer Periode mehr hervortritt in der Nordpendel- als in der Südpendelkurve, während die längern Wellen das umgekehrte Verhalten zeigen.

Vielleicht darf man diese Wellen mit den zusammengesetzten Tiden der Gezeiten vergleichen. Wenn in einem Kanale mehrere Tiden gleichzeitig existieren, und das Verhältnis der Einzeltide zur Tiefe groß wird, so ist das Gesetz der Superposition der Wellen gestört, und es entstehen neue Wellen, die von der Summe und Differenz der Argumente der Einzeltiden abhängen. Die Höhe dieser „Compound tides" wird daher ganz und gar durch die Küstenverhältnisse bestimmt.

In der Richtung des Gebirgszuges werden ankommende elastische Wellen auf großen Widerstand treffen und weniger tief eindringen können. Berücksichtigt man noch, daß hierbei größere Reflexerscheinungen eintreten müssen, so ist leicht anzunehmen, daß ähnlich wie bei Gezeiten das Gesetz der Superposition seine Gültigkeit verliert, und die rechnerische Analyse der ganzen Bewegung die kurzen Perioden liefert."

Bestimmungen der relativen Schwere im östlichen Sizilien, auf den äolischen Inseln und in Kalabrien hat A. Ricco ausgeführt,[1]) und zwar nach der Sterneckschen Methode . Im ganzen wurden diese Pendelmessungen an 43 Stationen durchgeführt, und ihre Untersuchung ergab folgendes: Die Anomalien sind sämtlich positiv. Die größten Anomalien finden sich in Stromboli und in Augusta, in der Nähe großer Meerestiefen. Die kleinste Anomalie trifft man auf dem Observatorium des Ätna (2943 *m* Seehöhe) nahe dem Gipfel des Berges. Ein anderes sekundäres und unerwartetes Minimum zeigt sich in der Nähe der Ostküste vom jenseitigen Kalabrien; ein anderes auf den Nebrodibergen, ein weiteres schwaches nahe dem Monte Lauro. Der größte Gradient oder Wechsel der Anomalien findet sich vom Gipfel des Ätna zum Ufer des Jonischen Meeres, etwa 140 auf 20 *km*, wo übrigens auch der topographische Gradient, d. h. der Niveauunterschied sehr groß ist, nämlich 2000 *m* vom Gipfel des Ätna bis zum Ufer des Meeres in 20 *km*, und 6000 *m* vom Gipfel des Ätna bis zur Tiefe von 3000 *m* im Jonischen Meere in nur 25 *km* Abstand von der Meeresküste, d. i. auf 75 *km* vom Ätnagipfel, also ein mittleres Gefälle von 13%. Große Unregelmäßigkeiten im Gange der Isanomalien sind vorhanden in der Gegend zwischen Catania, dem Ätna und Taormina und besonders in Giarre, wo die Schwere im Verhältnisse zu den benachbarten Orten stark und plötzlich abnimmt; aber man kennt die großen orographischen, geologischen und tektonischen Besonderheiten jener Gegend; und Giarre liegt am Ausgange des Valle del Bove, d. h. in der Verlängerung des enormen Risses des Ätna; daher ist es sehr natürlich, daß hier die bedeutendsten Unregelmäßigkeiten der Schwere vorkommen.

Eine andere Eigentümlichkeit im Gange der Isanomalien wurde in der basaltischen Gegend der erloschenen Vulkane von Val di Noto nachgewiesen.

Durch Anschluß der erhaltenen isanomalen Linien an die sechs Stationen Venturis ergibt sich folgendes: 1. Die Isanomale 180 geht von Stromboli nach dem Norden von Ustica über tiefes Meer fort. 2. Die Isanomale 120 geht durch die Spitze der Pharusmeerenge, von da durch die Ägatischen Inseln, dann bei Pantelleria vorbei und wendet sich nach Sizilien im Süden vom Ätna, über wenig tiefe Meere hinlaufend. 3. Die Isanomale 140 erstreckt sich vom Basaltmassiv des Monte Lauro nach Malta über wenig tiefes Meer. 4. Im Innern von Sizilien hat man ein Minimum.

Verlängert man endlich die Schwereisanomalien, so daß man sie möglichst mit denen verbindet, welche die österreichische Marine für Süditalien gefunden, so erhält man folgende Resultate: 1. Die Anomalien sind noch sämtlich positiv bis nahe bei Campobasso, wo die Schwere normal ist. 2. Die isanomalen Linien laufen parallel dem

[1]) Il nuovo Cimento (5) 8. p. 297. — Naturw. Rundschau 19. p. 337.

Jonischen und dem Tyrrhenischen Meere. 3. Von beiden Meeren, dem Tyrrhenischen und Jonischen, wo sie über 180 erreichen, nehmen die Isanomalien ab nach den Mont i Erei, Nobrodi und Peloritani auf Sizilien, nach dem Gebirge La Sila und den Kämmen der Apenninen; und auf diesen Gipfeln hat die Schwereanomalie den kleinsten Wert. Dies trifft nicht zu für Aspromonte. 4. Im Adriatischen Meere sind die Anomalien kleiner als im Tyrrhenischen und Jonischen; oberhalb des Vorgebirges des Monte Gargano sind sie nicht größer als 100; dies entspricht der kleinern Tiefe der Adria an jenem Orte; hingegen wächst nach Osten vom Vorgebirge nach den größern Tiefen des Meeres zu die Anomalie über 140 hinaus.

Aus der vorstehenden Diskussion der Schwereanomalien in Süditalien und den angrenzenden Inseln kann man schließen, daß die Anomalie Null oder fast Null ist im Innern der Länder, auf den Gipfeln der Berge; sie nimmt zu nach den Meeresküsten und auf den benachbarten Meeren, besonders wenn diese tief sind.

Um eine bestimmte Vorstellung zu geben von dem Massenüberschuß, welcher den Schwereanomalien entspricht, wird daran erinnert, daß nach Helmert jede Einheit der fünften Dezimale der Anomalie einer Dicke der störenden Schicht (der Dichte 2.5) von 10 *m* entspricht, die man sich im Meeresniveau kondensiert denkt. Die größern, von Ricco an den Küsten Süditaliens und auf den anliegenden Inseln beobachteten Anomalien deuten also auf einen Massenüberschuß hin, der einer Schicht von der Mächtigkeit 1.5 *km* und mehr entspricht.

Diese Ergebnisse bestätigen die Tatsache, daß über dem Meere keine Schweredefekte vorhanden sind, also unter dem Meeresgrunde ein Massenüberschuß existiert, der den Defekt, den das Wasser durch sein geringeres Gewicht hervorruft, ausgleicht.

Beim Ätna nimmt die Anomalie ringsherum schnell ab und wird auf dem Gipfel fast Null; aber auch auf nichtvulkanischen Bergen der Apenninen hat man eine ähnliche Abnahme der Anomalie, wenn auch eine weniger schnelle, vom Meere zu den Hauptgipfeln in einer dem Ätna vergleichbaren Höhe. Daher verhält sich dieser Vulkan bezüglich der Schwere wie ein beliebiger Berg. Noch könnte die stärkere Abnahme der Schwereintensität von der besondern vulkanischen Struktur abhängen, d. h. von der Anwesenheit von leeren Räumen, die für den Mechanismus der Eruptionen notwendig sind. Bei den andern tätigen Vulkanen Pantelleria, Vulcano und Stromboli, bemerkt man keine stärkere Eigentümlichkeit im Gange der isanomalen Linien; und dasselbe findet beim Vesuv, wenigstens in Neapel und in Castellamare di Stabia statt, wo Schwerebestimmungen gemacht sind. Dasselbe ergibt sich auch für die erloschenen Vulkane des Monte Lauro und Ustica und von dem basaltischen Gebiete von Noto und Pachino. Indessen sind die Bestimmungen der Schwere nicht am Fuße und in der Nähe des Gipfels der Vulkane ausgeführt,

sondern gewöhnlich wurde nur eine Bestimmung gemacht; daher bleibt zweifelhaft, ob auf ihnen eine Abnahme der Anomalie der Schwere stattfindet, ähnlich und proportional der auf dem Ätna angetroffenen. Ferner ergibt sich, daß eine starke Abnahme der positiven Anomalie der Schwere stattfindet von den Inseln des Golfes von Neapel nach Neapel selbst und noch weiter nördlich vom Vesuv, auf vulkanischem Boden. Besondere Untersuchungen werden nötig sein, um zu erfahren, ob wirklich auf allen Vulkanen eine schnelle Abnahme der Schwere stattfindet, wie sie auf dem Ätna beobachtet worden ist.

Der Längenunterschied zwischen Potsdam und Greenwich ist durch das Kgl. Preuß. Geodätische Institut unter Leitung von Prof. Albrecht jetzt mit einem hohen Grade von Genauigkeit festgestellt worden.[1] Dadurch ist Greenwich als Ausgangspunkt der geographischen Länge erst definitiv mit der Hauptlängenstation des westlichen Kontinentes verbunden, da die Längenunterschiede von Greenwich und Paris und ebenso der früher von Greenwich aus bestimmte Längenunterschied Greenwich—Potsdam nicht denjenigen Grad von Genauigkeit besitzen, der heute verlangt werden muß.

Unter Berücksichtigung und Ausschaltung aller überhaupt möglichen Fehlerquellen ist als Endresultat der Längenbestimmung Potsdam—Greenwich der Wert anzusehen:

Transit Circle der Sternwarte in Greenwich westlich vom östlichen Meridianhause des Geodätischen Institutes in Potsdam:

$52^m\ 16.001^s$

mittlerer Fehler: $\pm 0.005^s$ 24 Abende.
wahrschl. „ ± 0.003

Dieses Resultat ergibt, verglichen mit dem Ergebnisse der im Jahre 1895 von englischer Seite ausgeführten Längenbestimmung Greenwich—Potsdam, eine Verbesserung jenes Wertes von:

$+ 0.098^s.$

Da ferner der Längenunterschied Potsdam—Berlin im Jahr 1891 durch zwei unabhängige Längenbestimmungen des Geodätischen Institutes zu:

$1^m\ 18.721^s$

ermittelt worden war, entspricht der obige Wert einem Längenunterschiede Berlin—Greenwich von:

$53^m\ 34.772^s.$

Die im Jahre 1876 ausgeführte Längenbestimmung Berlin—Greenwich würde hiernach um -0.127^s zu korrigieren sein, und es läge somit nahezu eine Kompensation der für die Längenbestimmungen in den Jahren 1876 und 1895 abgeleiteten Verbesserungen vor.

[1]) Sitzungsber. d. K. Preuss. Akad. der Wiss. 1904. p. 295.

Verbindet man den obigen Längenunterschied Berlin—Greenwich mit dem Endresultate der im Jahre 1877 vom Geodätischen Institute ausgeführten Längenbestimmung Berlin—Paris:

$$44^{m}\ 13.860^{s},$$

so würde sich für den Längenunterschied zwischen Paris und Greenwich der Wert $9^{m}\ 20.912^{s}$ ergeben, welcher sich auf $9^{m}\ 20.882^{s}$ reduziert, wenn man an Stelle des direkt beobachteten Längenunterschiedes Berlin—Paris den Betrag $44^{m}\ 13.890^{s}$ einführt, welcher aus der Ausgleichung des europäischen Längennetzes von Prof. van de Sande Bakhuyzen entnommen werden kann.

Dieser Wert ist in befriedigender Übereinstimmung mit dem Werte:

$$9^{m}\ 20.887^{s},$$

welchen man erhält, wenn man die beiden niederländischen Bestimmungen: Leiden—Greenwich = $17^{m}\ 56.100^{s}$ und Leiden—Paris = $18^{m}\ 35.213^{s}$ miteinander kombiniert.

Daß dem oben abgeleiteten Resultate für den Längenunterschied Potsdam—Greenwich in der Tat ein hoher Grad der Zuverlässigkeit innewohnt, kann außer den einzelnen Ergebnissen auch aus der guten Übereinstimmung der Resultate der im Jahre 1902 sowohl von deutscher, als auch von russischer Seite ausgeführten Längenbestimmung Potsdam—Pulkowa gefolgert werden. Diese Längenbestimmungen wurden streng nach dem Verfahren des Geodätischen Institutes, zwar nahezu gleichzeitig, im übrigen aber völlig unabhängig voneinander ausgeführt. Sie haben trotz der Schwierigkeiten des Signalwechsels auf der 1696 *km* langen und recht unvollkommen isolierten Leitung eine Übereinstimmung der beiderseitigen Resultate innerhalb der Grenze von 0.011^{s} ergeben; man wird daher auch in dem Resultate der Längenbestimmung Potsdam—Greenwich die Hundertstelsekunde als nahezu verbürgt ansehen können.

Längenbestimmung im Großen Ozeane. Die nordamerikanische Vermessungsbehörde (U. S. Coast and Geodetic Survey) hat mit allen Mitteln der modernen Präzisionsmessung den Unterschied der geographischen Längen zwischen San Franzisko und Honolulu auf telegraphischem Wege ermittelt und dabei das Resultat gefunden, daß Honolulu $10^{h}\ 31^{m}\ 27.2^{s}$ westlich von Greenwich ($11^{h}\ 25^{m}\ 2.1^{s}$ westlich von Berlin) liegt. Damit ist die genaue Bestimmung der geographischen Koordinaten für die Hauptstadt jenes hawaiischen Inselreiches als abgeschlossen zu betrachten, da die geographische Breite von Honolulu durch die Arbeiten der vor 13 Jahren dorthin entsandten vereinigten Expedition der Internationalen Erdmessung und der Nordamerikanischen Vermessung (unter A. Marcuse und E. Preston) mit größter Schärfe ermittelt wurde. Von besonderm Interesse für die Erkenntnis der

methodischen und instrumentellen Fortschritte bei der astronomisch-geographischen Orientierung dürfte ein Vergleich der modernen, oben erwähnten nunmehr abgeschlossenen genauen Ortsbestimmung für die Hawaiischen Inseln mit den ältern Bestimmungen dieser Art sein. Danach verlegten spanische Karten aus der Mitte des 18. Jahrhunderts jene Inseln im Stillen Ozeane noch um 17° zu weit nach Osten, allerdings nicht auf Grund von Messungen, da schon Kolumbus im 15. Jahrhunderte eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}°$ bei seinen Ortsbestimmungen erzielte. Der große Weltumsegler Cook verstand es, die Küstenpunkte Hawaiis am Ende des 18. Jahrhunderts bis auf $^1/_6°$ genau zu orientieren, und der französische Entdeckungsreisende Freycinet erzielte zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Ortsbestimmung auf den Hawaiischen Inseln bis auf $\frac{1}{4}$ Bogenminute oder $^1/_{240}°$. Der englische Marinekapitän Tupmann bestimmte bei Gelegenheit der vorletzten Venusexpedition die Länge innerhalb weniger Zehntel der Zeitsekunde sicher. Die moderne astronomische Ortsbestimmung endlich liefert aus einer größern Reihe von Beobachtungen die geographische Breite eines Ortes am Lande innerhalb weniger Hundertstel Bogensekunden und die geographische Länge bis auf wenige Hundertstel der Zeitsekunde genau. Diesen Genauigkeitszahlen in Winkelmaß entsprechen auf der Erdoberfläche für mittlere Breitenzonen gerechnet die folgenden Linearwerte: Genauigkeit der Orientierung in Breite etwa 1.2 *m*, in Länge ungefähr 12 *m*.

Die französische Gradmessung in Ecuador. Über den Fortgang der französischen Gradmessung in Ecuador während des Jahres 1903 hat Poincaré der Pariser Akademie der Wissenschaften einen Bericht erstattet. Danach umfaßt das Arbeitsprogramm jenes Jahres die Beendigung der Beobachtungen im Norden, die geodätische Vermessung auf dem Stücke Riobamba-Cuenca, astronomische Ortsbestimmungen in Cuenca, magnetische Beobachtungen und den Beginn des Nivellements. Verschiedene Hindernisse stellten sich aber der vollständigen Ausführung dieses Programmes entgegen. So waren die Witterungsverhältnisse im Norden ebenso ungünstig wie im Jahre 1902, und so wurde man dort an drei Stationen 80 Tage aufgehalten. Ebenso wurden auch wieder vielfach die Signale von den ungebildeten Bewohnern zerstört, obwohl die ecuatorische Regierung sich alle Mühe gab, dem Unfuge zu steuern. Doch wurde hier die Arbeit im Februar d. J. vollendet. Eine vorläufige Berechnung, die jetzt wohl im großen und ganzen endgültig sein dürfte, ergab durch Verbindung der Basis von Riobamba mit der von Tulcan 6604.83 *m* für die nördliche, während die Messung selbst 6604.77 *m* als Resultat geliefert hatte. Der Grad der Zuverlässigkeit wird als hoch bezeichnet. Im Süden wurden in Cuenca Breitenbestimmungen begonnen, auch war man dabei beschäftigt, die Längendifferenz zwischen dieser Station und Quito zu ermitteln. Das ursprüngliche Triangulations-

netz mußte nach Westen verschoben werden. Die Gradmessung über sechs Breitengrade sollte nämlich auch etwas nach Columbia übergreifen. Da aber dort Unruhen herrschten, so hielt man es für nützlicher, südlich bis nach dem westlicher liegenden Payta zu gehen, um die erwähnte Länge herauszubekommen. Hier, in der westlichen Bergkette, ist übrigens das Klima trockener und darum günstiger. Die Nivellements sind auf der nordsüdlichen Sektion zwischen Riobamba und Alausi mit bestem Erfolge ausgeführt worden, und es bleibt noch die ostwestliche Sektion zwischen Alausi und Guayaquil übrig, die wohl Schwierigkeiten machen wird. Die Pendelbeobachtungen sind nicht erheblich gefördert worden, doch hat sich ein interessantes Resultat ergeben, nämlich der Nachweis, daß die Bouguersche Formel für die Anden zutrifft, während sie für die Alpen und den Himalaya nicht anwendbar ist. Es liegt das an tektonischen Verschiedenheiten. Mit Ablauf dieses Jahres sollen die Gradmessungsarbeiten abgeschlossen werden.

Ausgleichung des zentraleuropäischen Längennetzes. Prof. Th. Albrecht hat eine neue und zunächst als definitiv anzunehmende Ausgleichung der geographischen Längen innerhalb des mitteleuropäischen geodätischen Netzes vorgenommen,[1] und zwar auf Grundlage aller neuern Bestimmungen, bezüglich deren eine genügende Anzahl zuverlässiger Kontrollen vorliegt. Diese Bedingung war erfüllt für das Gebiet, welches zwischen den Stationen Greenwich, Madrid, Rom, Odessa, Moskau, Pulkowa und Stockholm gelegen ist. Aber auch innerhalb dieses Gebietes erwies es sich als notwendig, eine sorgfältige Auswahl des vorhandenen Beobachtungsmateriales vorzunehmen und gleichwie beiden frühern Ausgleichungen alle diejenigen Längenbestimmungen auszuschließen, gegen deren Resultate Bedenken gewichtiger Art vorlagen. Im ganzen lagen 176 Längenbestimmungen zwischen 79 Stationspunkten vor, von denen 149 zwischen 56 Stationspunkten auf das Größennetz entfallen. Die nachstehende Tabelle enthält die Ergebnisse der Ausgleichung. Sämtliche Längen sind vom Meridian des Passageninstrumentes zu Greenwich aus gezählt. Hinzugefügt sind einige Angaben in betreff weiterer in der Nähe gelegener astronomischer Hauptpunkte, insoweit solche durch strenge geodätische Übertragung mit den Netzpunkten in Verbindung gebracht werden konnten.

	m	s
Algier, Colonne Voirol	12	11.303
Algier, Sternwarte	12	8.375
Altona, Meridiankreis	39	46.186
Bamberg, Pfeiler im Meridiansaale	43	33.570
Bergen, Sternwarte, Passageninstrument	21	12.721
Berlin, Zentrum der Sternwarte	53	34.795

[1] Astron. Nachr. Nr. 3993, 94.

	m	s
Biarritz, Neuer Leuchtturm	—6	13.494
Bologna, Zentrum der Sternwarte	45	24.478
Bonn, Zentrum der Sternwarte	28	23.174
Bregenz, Trig. Punkt Pfänder	39	6.244
Breslau, Zentrum der Sternwarte	68	8.716
Brest, Tour Saint Louis	—17	57.582
Brocken, Trig. Punkt	42	28.386
Brüssel, Alte Sternwarte, Passageninstrument	17	28.709
Bukarest, Observ. des Mil.-Geogr.-Inst.	104	27.003
Desierto, Trig. Punkt	0	8.107
Dorpat, Meridiankreis	106	53.222
Dresden, Math. Salon, Passageninstrument	54	55.826
Florenz-Arcetri, Zentrum der Sternwarte	45	1.298
Florenz, Mil.-Geogr.-Inst., Observatorium	45	2.515
Genf, Meridiankreis	24	36.610
Genua, Meridiankreis	35	41.278
Göteborg, Trig. Punkt	47	51.334
Göttingen, Meridiankreis	39	46.215
Goldaperberg, Trig. Punkt	89	10.138
Gotha, Zentrum der Sternwarte	42	50.440
Greenwich, Transit Circle	0	0.000
Großenhain, Basiszwischenpunkt	54	13.032
Hamburg, Sternwarte, Meridiankreis	39	53.60
Hamburg-Bergedorf, Meridiankreis	40	57.74
Helgoland, Trig. Punkt	31	31.775
Helsingfors, Meridiankreis	99	49.097
Kiel, Alter Meridiankreis	40	35.565
Kiel, Neuer Meridiankreis	40	35.449
Kiew, Meridiankreis	122	0.564
Knivsberg, Trig. Punkt	37	46.424
Königsberg, Reps. Merid.-Kreis, bis 1898	81	58.969
Königsberg, Reps. Merid.-Kreis, nach 1898	81	58.974
Kopenhagen, Zentrum der Sternwarte	50	18.689
Kowel, Kathedrale	98	46.979
Krakau, Meridiankreis	79	50.272
Kremsmünster, Meridiankreis	56	31.577
Kristiania, Meridiankreis	42	53.504
Laaerberg, Trig. Punkt	65	36.153
Leiden, Meridiankreis	17	56.149
Leipzig, Zentrum der Sternwarte	49	33.925
Livorno, Asta band. dell' Accad. Navale	41	13.554
Lund, Zentrum der Sternwarte	52	44.965
Madrid, Zentrum der Sternwarte	—14	45.090
Mailand, Großer Turm der Sternwarte	36	45.883
Mannheim, Trig. Punkt der Sternwarte	33	50.400
Mannheim, Zentrum der Sternwarte	33	50.412
Marseille, Meridiankreis	21	34.554
Memel, Besselscher Punkt am Leuchtturme	84	23.174
Moskau, Meridiankreis	150	17.026
München, Trig. Punkt der Sternwarte zugleich westl. Kuppel	46	26.015
Nieuport, Tour des Templiers	11	1.757
Nizza, Kleiner Meridiankreis	29	12.150
Odessa, Univ.-Sternwarte, Meridiankreis	123	2.040
Odessa, Filiale Pulkowa, Passageninstrument	123	2.185
Padua, Quadrante murale	47	29.148
Paris, Meridien de Cassini	9	20.932

fragt sich, ob man es zu tun hat mit einem allgemein terrestrischen Phänomen, das verschiedene Orte nach bestimmten Gesetzen beeinflußt, oder mit einer über größere Gebiete sich erstreckenden Massenbewegung, deren Amplitude und Gesetzmäßigkeit ganz und gar von den Terrainverhältnissen abhängt.

Ehlert hat in seiner Abhandlung: „Das Horizontalpendel", die Annahme gemacht, daß unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen die Erde so deformiert wird, daß die der Sonne zugewandte Halbkugel in ein halbes Ellipsoid übergeht, dessen Scheitel auf der Verbindungslinie des Erdmittelpunktes mit der Sonne liegt, und sucht durch geometrische Betrachtungen das Phänomen zu erklären.

Schweydar zeigt aber, daß sich die ganztägige Periode in der Hauptsache nicht durch die Annahme einer allgemeinen Aufwölbung erklären läßt, sondern im vorliegenden Falle nur ein geringer Bruchteil der Amplitude hierin seine Ursache haben kann.

„Wir müssen daher", sagt er, „dieselbe in erster Linie als eine lokale Bewegung der großen Gebirgsmassen ansehen. Hierfür spricht schon der völlig parallele Gang der Amplitude mit der Temperaturoszillation; auch liegt das Maximum der ganzen Bewegung nicht im Frühjahre und Herbste, vielmehr fällt es in die wärmsten Monate."

Demnach registriert das Nordpendel die Bewegung der großen Massen in ihrer Längs-, das Südpendel in ihrer Querrichtung. „Denkt man sich das Gebirge aus lauter parallelen Schichten bestehend, so sind dieselben in ihrer Südostrichtung weit ausgedehnter als senkrecht zu diesem Azimut. Man kann daher wohl annehmen, daß die Komponente der Bewegung des Gebirges in der erstern Richtung kleiner sein wird als in der letztern, da die Massen im erstern Falle mehr zusammenhängen und daher schwerer zu bewegen sind. Hierzu kommt noch, daß der südliche Abhang mehr erwärmt wird als der nördliche, wodurch der ganze Gebirgszug in der Richtung ON′ mehr gehoben wird als in seiner Längsrichtung.

Liegen also nur lokale Undulationen vor, so müssen die beobachteten Erscheinungen eintreten. Die Periode wird ganztägig sein."

Was die halbtägige Welle anbelangt, so tritt bei dieser eine halbjährige Periode der Amplitude mit Maximums im September und März deutlich hervor, und alles deutet bei ihr auf eine andere Entstehungsursache. Schweydar glaubt, daß sie ihre Erklärung in der oben erwähnten Aufwölbung findet. Was die drittel- und vierteltägige Periode anlangt, so kann man dieselben nicht als ein Rechnungsresultat ansehen. Für ihre physikalische Realität spricht besonders beim Nordpendel der Gang in den Amplituden, der den entsprechenden Größen der ganztägigen Welle parallel geht. Dieser Parallelismus läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß diese Wellen lokaler Natur sind.

Der Gang in den Phasen läßt sich in der Weise erklären, daß bei geringer Zufuhr von Wärme und somit kleiner Amplitude die Ver-

spätung der Bewegung in den tiefern Schichten des Erdbodens größer wird. Die direkte Anziehung der Sonne erzeugt ebenfalls eine ganz- und halbtägige Periode in der Lotbewegung; doch sind diese zu klein, um einen Beitrag zur Erklärung der beobachteten Werte zu liefern.

Was den Einfluß des Mondes anbelangt, so stellt Verf. zunächst den theoretischen Ausdruck für diese Art von Lotstörung fest. Die Behandlung der Beobachtungen ergibt dann, daß ebenso wie bei der Sonnenwelle die Oszillationen des Nordpendels sich komplizierter gestalten als die des andern. Überraschend ist auch eine dabei auftretende ganztägige Periode, die sich aus der Theorie der Mondattraktion nicht erklären läßt. „Es muß also auch hier die lokale Massenverteilung maßgebend sein; dies kann aber nur dann der Fall sein, wenn es sich um elastische Deformationen handelt. Wir müssen daher diese Periode dem Installationseinflusse oder elastischen Reaktionen, die durch die Deformation der halbtägigen Welle erzeugt werden, zuschreiben. Sie hat daher vom allgemeinen Standpunkte weniger Interesse." Die halbtägige Welle setzt sich aus zwei einander entgegengesetzten Wirkungen zusammen: aus der Anziehung des Mondes und der durch diese hervorgerufenen elastischen Deformation des Bodens. Auch bei der halbtägigen Welle zeigt es sich, daß die elastische Bewegung in der Richtung der Südpendelkomponente größer ist als in der der Nordpendelkomponente.

Sowohl die ganztägige wie halbtägige Welle beweisen, daß der Erdboden in der Richtung des Gebirgszuges weniger elastisch ist als in der hierzu senkrechten Richtung. Wäre dies nicht der Fall, so müßten die Amplituden bei beiden Pendeln gleich sein, wie uns die theoretischen Ausdrücke lehren. Hiermit stimmt auch die Tatsache gut überein, daß in der erstern Richtung die Verfrühung kleiner ist; eine Deformationswelle von geringerer Amplitude wird sich auch langsamer fortpflanzen.

Während bei dem Einflusse der Sonne die Amplitude der halbtägigen Welle in Heidelberg die in Straßburg bedeutend überwiegt, sind beide hier nahezu gleich. Man kann hieraus schließen, daß der Elastizitätskoeffizient des großen Gebietes, das Baden und Elsaß-Lothringen umfaßt, nahezu derselbe ist; der thermische Ausdehnungskoeffizient hat dagegen in Heidelberg einen viel größern Wert.

Verf. behandelt nun den Einfluß der Rotation der elastischen Erde. „Nimmt man", sagt er, „an, daß der Schwerpunkt der Erde nicht mit ihrem Mittelpunkte zusammenfällt, so müssen, wenn die Erde Elastizität besitzt, unter dem Einflusse der Zentrifugalkraft Oszillationen der Lotlinie entstehen. Da die Periode der Rotation der Erde ein Sterntag ist, so werden auch die Perioden jener Oszillationen aliquote Teile derselben Zeiteinheit sein."

Es ergibt sich, daß ein beträchtlicher Teil der beobachteten Amplituden auf elastische Wirkungen der Drehung der Erde zurückzuführen ist. Man könnte die Größe dieses Einflusses berechnen,

marinen Bildungen des Cambriums, des Silurs und des Devons und denen der Kreide liegt eine lange Zwischenperiode, in der das Gebiet Festland war.

Gegen die benachbarten Gebiete hin taucht die böhmische Masse teils unter die miozäne Decke, teils bricht sie in tektonischen Linien gegen sie ab. Der ganze Westrand gehört einem nordwestlich gerichteten Systeme von Störungen an, das die große mesozoische Tafel des südlichen Deutschland zum Niedersinken brachte; im östlichen Thüringen bildet die Transgressionslinie von Zechstein und Trias die Grenze; in Sachsen verschwinden die variscischen Falten allmählich unter der Ebene, und auch im schlesisch-galizischen Kohlenrevier ist die Grenze keine tektonische. Ebensowenig ist dieses der Fall im SO von der Landecke bei Mährisch-Ostrau bis gegen St. Pölten. Im Süden taucht das Massiv unter das Miozän bis in die Gegend von Passau, erst von hier bis Regensburg bildet der Donaulauf eine tektonische Grenzlinie. Nicht das Streichen der variscischen Faltenzüge bestimmt also Umriß des Massives und Anordnung des Flußnetzes, sondern das bewirkten erst die jungen Brüche (Elbbruch, Erzgebirgsbruch) in Verbindung mit den Transgressionen. Über die Einzelheiten muß auf das Original verwiesen werden.

Die finnische Skärenküste von Wiborg bis Hangö bildet den Gegenstand einer Studie von F. O. Karstedt.[1] Er unterscheidet drei hintereinander liegende Streifen, die er wie folgt bezeichnet: 1. Der Skärgård, d. h. die Summe der vor der Festlandsküste liegenden Inseln und Klippen. Hinter ihm 2. der Saum, der sein zerrissenes Gepräge durch die mehr oder weniger tief einschneidenden Fjärde erhält, und 3. der Landstreifen, der nach seinem Aufbaue noch unmittelbar zur Küste gehört, den er als Küstenlandschaft bezeichnet.

Der Skärgård beginnt mit unterseeischen Klippen. „Scheinbar regellos zerstreut, von Eis und Wasser poliert, glatt und eckenlos auf der Nordseite, zerblockt und von Rissen durchsetzt auf der Südseite, so tauchen im äußern Skärgård diese Klippen empor. Häufig fast kreisrund, erheben sie sich bei Normalwasserstand meistens nur wenige Fuß über den Meeresspiegel. Ununterbrochen nagen Wetter und Wasser an dem Gesteine, das deshalb auch nur selten Gletscherspuren, häufiger aber dafür Treibeisspuren aufweist. Eine unendliche, grause Starrheit liegt über diesen Skären, die namentlich bei ruhiger See den Eindruck eines in leichter Dünung plötzlich erstarrten Meeres machen."

Auf den höhern Klippen, deren Oberfläche nicht mehr von der Brandung erreicht wird, findet sich zwischen Strandgeröll und erratischen Blöcken gelegentlich eine kümmerliche Birken- oder

[1]) Deutsche geogr. Blätter. Bremen 1904. p. 176.

Kiefernkolonie, an Tieren eine Anzahl flügelloser Käfer, mehrere Seevögel und einige Schlangenarten. „Häufig begegnet man schon im äußern Skärgård inselartig hervorragenden, meist langgestreckten Blockanhäufungen, die von der Brandung nicht mehr versetzt werden können. Liegen sie im Lee irgend einer größern Klippe, so siedelt sich zwischen ihnen bald eine kräftige Vegetation von Schilf und Binsen an; und nach einigen Jahren gibt es hier vielleicht schon eine kleine Schwemmsandinsel, deren Boden bald mit einem leichten Birkengestrüppe überzogen ist. Das sind die untermeerischen Fortsetzungen der sogen. Asar. Landschaftlich ein ganz anderes Bild bietet der innere Skärgård. Herrschten bisher die kahlen, immerhin niedrigen, fast vegetationslosen Klippen vor, gestattete die Landschaft im äußern Skärgard einen freien Rundblick, so reiht sich jetzt eine mit dichtem Nadel- oder Birkenwalde bestandene Insel an die andere, überall den ungehinderten Ausblick versperrend. Gleichzeitig sind diese Inseln bedeutend höher und größer. Während im äußern Skärgård Inseln von 20 *m* Höhe und 1 *qkm* Oberfläche doch immerhin zu den Seltenheiten gehören, kommen hier solche von 10 bis 20 *qkm* Oberfläche und 30 bis 40 *m* Höhe häufig vor, weshalb sie vom Volke und auf den Karten auch gern mit der Bezeichnung „Land" belegt werden. Auch bei diesen Inseln läßt sich immer in den Konturen des Waldes die weniger steile und ebene Nord(Stoß)seite von der zerblockten und zerrissenen Süd(Lee)seite unterscheiden. Die Größe der meisten Inseln des innern Skärgårds erklärt sich aus der durch die Hebung des Landes resultierenden Zusammenschmelzung mehrerer Inselkerne zu einer Insel."

Der Fjärdsaum wird charakterisiert „durch seine durch Hunderte von primären und sekundären Buchten hervorgebrachte Zerschlitztheit. Seine Breite variiert an der südfinnischen Küste von 2 Seemeilen bis 12 Seemeilen. Er stellt in den Fjärden die Fortsetzung der festländischen Täler ins Meer, in den zwischen ihnen liegenden Halbinseln und halbinselartigen Bildungen die Fortsetzung der Hügelketten des Landes seewärts dar."

Das Charakteristikum der Skärenküste gegenüber der Fjordküste liegt nach Karstedt nicht so sehr in der Fjärdbildung als vielmehr in der reichlichen Skärenbildung vor einem flachen Lande. „Die Fjärde sind noch nicht genügend untersucht, als daß man schon mit genügender Sicherheit auf ihre Bildung schließen könnte, wie bei den Fjorden. Größtenteils dürften sie vielleicht schon im Beginne des Paläozikums durch Erosion des fließenden Wassers ihren Anfang genommen haben."

Die westlichen Fjärde sind sämtlich lang und schmal, die östlichen kurz und haben meist die Gestalt eines gleichseitigen Dreieckes. Die südfinnische Küstenlandschaft ist gegen das Landesinnere durch das Überwiegen der quartären Ablagerungen gekennzeichnet. „Während nämlich das innere Finnland seinen geographi-

schen Charakter durch die Moränenzüge bekommt, fehlen diese an der Küste vollständig. Hier, dem Schauplatze ewiger Küstenschwankungen, hat das Meer seine Zeichen in seinen Sedimenten eingegraben, die als Tonablagerungen sich niedergeschlagen haben."

Der Skärgård vor der südfinnischen Küste schützt als natürliches Bollwerk diese vor der abradierenden Wirkung der Brandung und ist anderseits gleichsam ein Sieb für die durch die Flüsse ins Meer geschwemmten Schlammteile. Die Wellenwirkung des Meeres reicht selten in den Skärgård hinein, hier ist das Wasser meist vollkommen ruhig.

Die mittlere Höhe Asiens bildet den Gegenstand einer Studie von R. Tronnier,[1]) der zu dem Ergebnisse gelangt, daß man von einer zufriedenstellenden Beantwortung der Frage nach der mittlern Erhebung der Landflächen überhaupt noch sehr weit entfernt ist.

„Die Fläche eines Landes ist verhältnismäßig leicht und sicher zu bestimmen; die ganze Schwierigkeit besteht in der Bestimmung des Volumens. Man hat nun in der Volumetrie durch Anpassung der betreffenden topographischen Körper an die verschiedensten mathematischen Körper (Prisma, Pyramide, Kegelstumpf usw.), deren Formeln eine leichte Berechnung gestatten, dieses Ziel erreichen wollen. Aber die Natur bietet keine mathematischen Körper dar, so daß alle diese Versuche nur mehr oder minder genaue Annäherungen darstellen können. Penck, Neumann und v. Tillo gaben 1888/89 unabhängig voneinander ein anderes Verfahren, die hypsographische Kurve, an, das aber, da es ein Idealgelände voraussetzt, an demselben Übel krankt wie jene obigen Versuche. Alle diese Methoden gehen wie Parallelkreise um den Pol herum, bald näher, bald ferner, gelegentlich auch einmal mit ihm und der Wahrheit zusammenfallend, ohne daß dafür aber ein Beweis erbracht werden könnte. Der direkte Weg, den man mit einem Meridiane vergleichen könnte, findet sich, soweit dem Verf. bekannt, nirgends deutlich angegeben. Es ist die Bestimmung des Volumens durch die Wage, nach der Formel

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masse}}{\text{spez. Gewicht,}}$$

sei es, daß man ein Relief des betreffenden Landes aus einer homogenen Masse von bekanntem spezifischen Gewichte oder nur eine Form (z. B. aus Metall getrieben) herstellt, die man mit irgend einem Stoffe von bekanntem spezifischen Gewichte (z. B. Wasser) anfüllt. Der Herstellung eines einigermaßen genauen Reliefs fremder Länder stehen zwar zurzeit noch unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, aber trotzdem sollte man sie als Ziel stets vor Augen haben. Schon die Herstellung selbst eines (rohen) Reliefs gewährt einen wichtigen

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik VI. p. 594.

Fingerzeig für den Weg, den man vorläufig einzuschlagen hat. Man kann ein solches Relief im wesentlichen auf zwei Weisen entstehen lassen: einmal, indem man eine sehr große Zahl von Vertikalschnitten aneinander setzt; anderseits, indem man eine sehr große Zahl von Horizontalschnitten aufeinanderlegt. Das erste Verfahren würde das Profil-, das zweite das Isohypsenverfahren sein. In der Praxis wird kaum jemand in Zweifel kommen, nach welchem von beiden er verfahren soll. Denn ein Land kann viele Tausende Kilometer lang und breit sein, die höchste Landerhebung und die größte Seetiefe aber stehen nur 18½ *km* voneinander in der Vertikalen ab.

Wohl unwillkürlich hat sich die Mehrzahl der Forscher auch bei der Volumenbestimmung eines Landes für das Isohypsenverfahren entschieden. Die hypsographische Kurve basiert bewußt ganz darauf (vgl. z. B. Penck, Morphologie I. p. 80). Trotzdem findet sich auch die Profilmethode. Sie tritt schon bei v. Humboldt auf, der ja die ersten Berechnungen von Mittelhöhen der Kontinente überhaupt ausführte, kommt später bei Leipoldt und Chavanne wieder vor, und Heidereich hat sogar seine ganze Arbeit darauf aufgebaut. Theoretisch genommen sind beide Arten gleich berechtigt, aber die Forderungen der Praxis machen es ganz unumgänglich, sich für die Isohypsenmethode zu entscheiden. Daß bei der Konstruktion von Profilen und Isohypsen heute noch die Willkür oder der geographische Takt des einzelnen eine recht große Rolle spielt, wird allseitig zugegeben. Existieren diese Schwierigkeiten einmal nicht mehr, so wird es ebenso gut möglich sein, ein hinreichend genaues Relief herzustellen."

In einem historischen Überblicke stellt Verf. die bisherigen Annahmen über die mittlere Höhe Asiens zusammen und gibt folgende Tabelle:

v. Humboldt	de Lapparent	Murray	Heiderich
1843, 1853	1883, 1885	1888	1891
351 *m*	879 *m*	943 *m*	920 *m*

Murray	Penck	Supan	v. Tillo	Penck
1888	1889	1889	1889	1893
943 *m*	950 *m*	940 *m*	957 *m*	1010 *m*

Wagner	Penck	Krümmel	Penck
1895	1899	1879	1884
950 *m*	980 *m*	c. 500 *m*	c. 750 *m*

Alle diese Angaben, auch die letztern, sind nach Verfassers sehr begründeter Ansicht äußerst unsicher. „Ob," sagt er, „die mittlere Höhe Asiens näher an 900 *m* oder 1000 *m* liegt, darüber eine Entscheidung zu treffen, erscheint nach ernsthafter Prüfung des vorliegenden Materiales aussichtslos. Vorläufig, zu dieser Erkenntnis drängt auch diese Untersuchung, tut man am besten, sich mit dem 1895 von Wagner vorgeschlagenen Mittelwerte von ca. 950 *m* zu begnügen."

Verbindet man den obigen Längenunterschied Berlin—Greenwich mit dem Endresultate der im Jahre 1877 vom Geodätischen Institute ausgeführten Längenbestimmung Berlin—Paris:

$$44^m\ 13.860^s,$$

so würde sich für den Längenunterschied zwischen Paris und Greenwich der Wert $9^m\ 20.912^s$ ergeben, welcher sich auf $9^m\ 20.882^s$ reduziert, wenn man an Stelle des direkt beobachteten Längenunterschiedes Berlin—Paris den Betrag $44^m\ 13.890^s$ einführt, welcher aus der Ausgleichung des europäischen Längennetzes von Prof. van de Sande Bakhuyzen entnommen werden kann.

Dieser Wert ist in befriedigender Übereinstimmung mit dem Werte:

$$9^m\ 20.887^s,$$

welchen man erhält, wenn man die beiden niederländischen Bestimmungen: Leiden—Greenwich = $17^m\ 56.100^s$ und Leiden—Paris = $18^m\ 35.213^s$ miteinander kombiniert.

Daß dem oben abgeleiteten Resultate für den Längenunterschied Potsdam—Greenwich in der Tat ein hoher Grad der Zuverlässigkeit innewohnt, kann außer den einzelnen Ergebnissen auch aus der guten Übereinstimmung der Resultate der im Jahre 1902 sowohl von deutscher, als auch von russischer Seite ausgeführten Längenbestimmung Potsdam—Pulkowa gefolgert werden. Diese Längenbestimmungen wurden streng nach dem Verfahren des Geodätischen Institutes, zwar nahezu gleichzeitig, im übrigen aber völlig unabhängig voneinander ausgeführt. Sie haben trotz der Schwierigkeiten des Signalwechsels auf der 1696 *km* langen und recht unvollkommen isolierten Leitung eine Übereinstimmung der beiderseitigen Resultate innerhalb der Grenze von 0.011^s ergeben; man wird daher auch in dem Resultate der Längenbestimmung Potsdam—Greenwich die Hundertstelsekunde als nahezu verbürgt ansehen können.

Längenbestimmung im Großen Ozeane. Die nordamerikanische Vermessungsbehörde (U. S. Coast and Geodetic Survey) hat mit allen Mitteln der modernen Präzisionsmessung den Unterschied der geographischen Längen zwischen San Franzisko und Honolulu auf telegraphischem Wege ermittelt und dabei das Resultat gefunden, daß Honolulu $10^h\ 31^m\ 27.2^s$ westlich von Greenwich ($11^h\ 25^m\ 2.1^s$ westlich von Berlin) liegt. Damit ist die genaue Bestimmung der geographischen Koordinaten für die Hauptstadt jenes hawaiischen Inselreiches als abgeschlossen zu betrachten, da die geographische Breite von Honolulu durch die Arbeiten der vor 13 Jahren dorthin entsandten vereinigten Expedition der Internationalen Erdmessung und der Nordamerikanischen Vermessung (unter A. Marcuse und E. Preston) mit größter Schärfe ermittelt wurde. Von besonderm Interesse für die Erkenntnis der

methodischen und instrumentellen Fortschritte bei der astronomisch-geographischen Orientierung dürfte ein Vergleich der modernen, oben erwähnten nunmehr abgeschlossenen genauen Ortsbestimmung für die Hawaiischen Inseln mit den ältern Bestimmungen dieser Art sein. Danach verlegten spanische Karten aus der Mitte des 18. Jahrhunderts jene Inseln im Stillen Ozeane noch um 17° zu weit nach Osten, allerdings nicht auf Grund von Messungen, da schon Kolumbus im 15. Jahrhunderte eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}°$ bei seinen Ortsbestimmungen erzielte. Der große Weltumsegler Cook verstand es, die Küstenpunkte Hawaiis am Ende des 18. Jahrhunderts bis auf $^{1}/_{6}°$ genau zu orientieren, und der französische Entdeckungsreisende Freycinet erzielte zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Ortsbestimmung auf den Hawaiischen Inseln bis auf $\frac{1}{4}$ Bogenminute oder $^{1}/_{240}°$. Der englische Marinekapitän Tupmann bestimmte bei Gelegenheit der vorletzten Venusexpedition die Länge innerhalb weniger Zehntel der Zeitsekunde sicher. Die moderne astronomische Ortsbestimmung endlich liefert aus einer größern Reihe von Beobachtungen die geographische Breite eines Ortes am Lande innerhalb weniger Hundertstel Bogensekunden und die geographische Länge bis auf wenige Hundertstel der Zeitsekunde genau. Diesen Genauigkeitszahlen in Winkelmaß entsprechen auf der Erdoberfläche für mittlere Breitenzonen gerechnet die folgenden Linearwerte: Genauigkeit der Orientierung in Breite etwa 1.2 *m*, in Länge ungefähr 12 *m*.

Die französische Gradmessung in Ecuador. Über den Fortgang der französischen Gradmessung in Ecuador während des Jahres 1903 hat Poincaré der Pariser Akademie der Wissenschaften einen Bericht erstattet. Danach umfaßt das Arbeitsprogramm jenes Jahres die Beendigung der Beobachtungen im Norden, die geodätische Vermessung auf dem Stücke Riobamba-Cuenca, astronomische Ortsbestimmungen in Cuenca, magnetische Beobachtungen und den Beginn des Nivellements. Verschiedene Hindernisse stellten sich aber der vollständigen Ausführung dieses Programmes entgegen. So waren die Witterungsverhältnisse im Norden ebenso ungünstig wie im Jahre 1902, und so wurde man dort an drei Stationen 80 Tage aufgehalten. Ebenso wurden auch wieder vielfach die Signale von den ungebildeten Bewohnern zerstört, obwohl die ecuatorische Regierung sich alle Mühe gab, dem Unfuge zu steuern. Doch wurde hier die Arbeit im Februar d. J. vollendet. Eine vorläufige Berechnung, die jetzt wohl im großen und ganzen endgültig sein dürfte, ergab durch Verbindung der Basis von Riobamba mit der von Tulcan 6604.83 *m* für die nördliche, während die Messung selbst 6604.77 *m* als Resultat geliefert hatte. Der Grad der Zuverlässigkeit wird als hoch bezeichnet. Im Süden wurden in Cuenca Breitenbestimmungen begonnen, auch war man dabei beschäftigt, die Längendifferenz zwischen dieser Station und Quito zu ermitteln. Das ursprüngliche Triangulations-

aber sind entweder in unzureichenden Fragmenten oder gar nicht sichtbar, da das Meer sie verbirgt. Unter den Bogengebilden des ostasiatischen Festlandes ist keines, welches einen einwandfreien Anhalt für seine Zurechnung zum Alpentypus gibt."

2. Aus der bogenförmigen Verbindung durch tektonische Linien, welche auf der Wirkung zerrender Kräfte beruhen, geht der Zerrungsbogen oder der ostasiatische Typus hervor. Prof. v. Richthofen hat früher gezeigt: „1. daß sich nördlich von der Linie des Tsinlinggebirges seit voralgonkischer Zeit in gewissen Breitenzonen die Tendenz zur Bildung von Rupturen, welche auf Zug nach SSO beruhen und der den Grundbau von Ostasien beherrschenden sinischen Richtung (im Mittel W 30° S—O 30° N) folgen und damit die Zerlegung von Tafeln oder Abdachungen in rostartig angeordnete, parallele, annähernd in derselben Richtung streichende Gebirgsstreifen bis in die Tertiärzeit hinein geltend gemacht hat; 2. daß eine in ihrem Anfangsstadium wahrscheinlich erst nach der permischen Zeit herausgebildete, vermutlich aber noch jüngere, anscheinend auf östlichem Zuge, nach dem Pazifischen Becken, beruhende Bruchzone im Bogen eines größten Kreises das kontinentale östliche Asien durchzieht und bei der Interferenz mit den einzelnen gelockerten Zonen des erstgenannten Systemes eine Zerlegung in einzelne homolog gestaltete, kettenförmig aneinander gegliederte Teile erfahren hat, wobei sich die Linien der beiden Systeme in jedem einzelnen Falle zu einem gegen den Ozean konvexen Bogen verbanden; 3. daß diese Bogen gebirgsartige Randanschwellungen großer, nach innen schüsselförmig sich abdachender Schollen, sogenannter „Landstaffeln", bilden, während der Außenrand steiler zu der zunächst nach außen folgenden, entlang dem Rande tiefer abgesenkten Landstaffel abfällt; 4. daß die zweite, durch das Herrschen einer meridionalen Komponente ausgezeichnete Bruchzone das Tsinlinggebirge durchschneidet, und die Tendenz zur Bogenbildung auch südlich von diesem fortsetzt, in Gegenden, wo jene rostförmige Zerlegung nicht mehr zu beobachten ist; 5. daß im Gegensatze zu den aus Stauung hervorgegangenen Faltungs- oder Überschiebungszonen die Bogengebilde des ostasiatischen Typus von Ausbrüchen von Tiefengesteinen verschiedener Altersstufen begleitet sind."

Eine andere bemerkenswerte Eigenschaft dieser Bogengebilde findet v. Richthofen in dem Umstande, daß, während die Störungslinien in den äquatorialen Schenkeln ganz oder nahezu in der Richtung des Streichens der vorkambrisch zusammengefalteten archäischen Schiefer liegen, die Bruchlinien der meridionalen Schenkel in der Gesamtheit der Erscheinungen von der innern Anordnung unabhängig sind und Erdrindenteile vom verschiedensten geologischen Baue unbeirrt durchschneiden. In einigen Fällen ist letzterer wenigstens streckenweise den Brüchen parallel; aber in der Regel verlaufen diese widersinnig zu den Streichrichtungen.

Prof. v. Richthofen schließt hieraus, daß die deformierenden Bewegungen in der Erdrinde, welche sich in Ostasien in der Tendenz zur Bogenbildung äußern und zur Umspannung verschiedenartiger Gebilde durch einheitliche Bogen geführt haben, von einer Art sind, die mit denen, welche dem Alpentypus zugrunde liegen, nur die resultierende Form gemeinsam hat, vom geogenetischen Gesichtspunkte aber davon abweicht: „Dort ein Hinüberquellen und Überwallen über ein meist tief versenktes Vorland durch eine von der Rückseite nach der Außenseite gerichtete Kraft; hier die Tendenz zum Zurückweichen des Vorlandes durch eine Kraft, welche von Orten jenseits des Außenrandes her zerrend wirkt."

Prof. v. Richthofen geht nun genauer auf die Form der Kette der selbständigen Bogengebilde ein. Er hat früher gezeigt, daß die Reihe der innern Staffelrandbogen Ostasiens in sehr großer Ausdehnung meerfernes Binnenland von dem ozeanischen Lande scheidet, und dieses wiederum vom Ozeane selbst durch die Reihe der Küstenbogen geschieden wird. Die Reihe der ostasiatischen Inselkränze bildet die Grenze des Kontinentalmassives gegen das tiefe Becken des Pazifischen Ozeanes. „Bezeichnet man", sagt er, „als Kettung die Verbindung von je zwei selbständigen orographischen Einzelgebilden, so sind dies drei augenfällige Kettungsreihen. Die binnenländische Reihe ist fortlaufend und vollständig; denn sie zeigt keine Unterbrechung, ein Glied schließt sich unmittelbar an das andere. Die Kettungsreihe der Küstenbogen hingegen ist fortlaufend, aber unvollständig, da ein Teil des koreanischen Bogens durch Bruch verschwunden ist. Die Kettungsreihe der Inseln ist unterbrochen; denn zwischen Formosa und den Philippinen ist ein Anschluß nicht erkennbar; es scheint, als ob eine Reihe ihr Ende erreicht habe, und eine andere beginne."

Eine fortlaufende Kettungsreihe nennt v. Richthofen harmonisch, wenn, von einer außerhalb gelegenen, mit ihr parallelen Linie aus gesehen, die einzelnen Glieder, so verschieden sie im Baue sein mögen, analoge Bogenrichtung haben. „In diesem Sinne", sagt er, „herrscht harmonische Anordnung im ganzen östlichen Asien; denn alle Bogen haben ihre konvexe Seite nach dem tiefen Ozeanbecken gerichtet, allerdings mit einer Ausnahme im südlichen Japan, welche als die Harmonie störend sehr auffällig ist, aber ihre Erklärung in mechanischer Umformung eines harmonischen Bogens findet." Disharmonisch nennt v. Richthofen eine Kettungsreihe, wenn die Richtung der Bogen dem Sinne nach wechselt, wie es in Amerika bei dem gegen den Pazifischen Ozean konkaven karibischen Bogen, im Gegensatze zu dem peruanisch-ekuadorischen, nach demselben Ozeane konvexen Bogen, oder bei dem dinarischen im Gegensatze zum Alpenbogen der Fall ist.

Ferner nennt v. Richthofen eine harmonische Kettungsreihe konkordant, wenn ihre einzelnen Komponenten tektonisch gleich-

artig sind, das heißt, sämtliche entweder durch Zerrung oder durch Stauung ihre Bogenform erreicht haben. Die Kettungsreihen der Binnenlandbogen und der Küstenbogen im Norden der Tsinlinglinie sind hiernach konkordant, da Entstehung durch Zerrung bei allen das genetische Motiv ist; beim südlichern Bogen beider Reihen gilt es für die Ostseite, aber nicht mit Sicherheit für die Südseite, und der annamitische Küstenbogen, obgleich in die harmonische Anordnung sich einfügend, erscheint doch nach seiner ganzen fremdartigen Erscheinung als ein diskordantes Glied.

„Ein Blick auf Karte oder Globus", fährt v. Richthofen fort, „läßt eine gewisse Gleichartigkeit in der Aneinanderreihung der das morphographische Bild Ostasiens in erster Linie beherrschenden Bogengebilde erkennen. Für die Inselzüge ist das Bild aufgehängter Blumenkränze gebraucht worden, und oft hat man es dargestellt, wie der Aleutenbogen den Kamtschatka-Kurilen-Bogen in die Seite trifft, dieser sich ebenso zum japanischen Bogen verhält u. s. f. Ebenso nähert sich der Winkel, unter welchem jeder einzelne Küstenbogen mit dem nächsten zusammenkommt, einem rechten, und das gleiche Verhalten waltet bei den Landstaffelbogen. Man kann alle diese Formen der Kettung, wo die Linie eines Bogens quer auf die Linie eines andern Bogens trifft, als flankenständige Bogenkettung oder Flankenkettung bezeichnen. Weniger auffällig sind andere Kettungen, welche mit dem morphologisch von den Bogengebilden abweichenden, geradlinig fortstreichenden, gewaltigen Stamm des Tsinlinggebirges verbunden sind. Als ein langgedehntes, starres Gebilde erstreckt er sich in westöstlichem Verlaufe in das Gebiet der erwähnten Bogengebilde fremdartig hinein, verschwindet aber, wo er die binnenländische Bogenreihe erreicht, indem er selbst durch einen ihrer Bogen abgeschnitten wird. Er ist von bogenförmigen Gebilden an der Nordseite und an der Südseite begleitet. Sie sind beiderseits ihrem Wesen nach verschieden und unterscheiden sich ebenso von den Gliedern der genannten meridionalen Bogenreihen. Auf beiden Seiten sind sie nach dem Gebirge konvex. Daher ist an der Nordseite ihre Krümmung nach Südost, an der Südseite nach Nordwest gerichtet. An der erstern verwachsen sie mit dem Tsinling, an der letztern bewahren sie ihre Selbständigkeit und verstärken den Stamm des Gebirges dadurch, daß sie ihm längsständig gleichsam angeschweißt werden. Dort scheinen sie genetisch in einer Schleppung begründet zu sein, hier erhielten sie ihre Form durch passive, von der Vorderseite herkommende, also nach rückwärts gerichtete Stauung. Wir werden daher eine geschleppte bogige Kettung oder Schleppkettung und eine rückgestaute bogige Kettung oder Rückstaukettung unterscheiden. Endlich ist noch eine Form der Kettung zu nennen. Sie wird dadurch hervorgebracht, daß ein jüngeres Gebirge inkongruent über einem ältern steht, in welchem es wurzelt, und ihm gegenüber eine neue, von ihm abweichende, selbständige,

bogige oder gestreckte Gebirgsform hervorruft. Vulkanische Kräfte haben solche Gebilde geschaffen. Man kann sie als epigenetische Gebirge und ihre Verbindung mit der Unterlage als epigenetische Kettung bezeichnen. Ein typisches Beispiel, bei dem die Unterlage sichtbar ist, werde ich aus Japan anzuführen haben; die Form aber ist sonst in Perlenschnüren vulkanischer Inseln vertreten."

Das sind die vier Kategorien der Kettung, die v. Richthofen unterscheidet, und die er dann an Beispielen erläutert. Hier möge nur von seinen Ausführungen über die Inselbogen einiges hervorgehoben werden. Die Aleuten bilden einen fast geometrisch regelmäßig geschwungenen Kreisbogen, deren sichtbarer westlicher Eckpfeiler die Insel Agattu ist. „Nur wenig innerhalb des Bogens bleibt die etwas weiter westlich hinausgerückte Insel Attu. Es ist bemerkenswert, daß, während die in dem Bogen gelegenen Inseln Vulkane tragen, auch wenn der Unterbau noch andere Gebilde aufweist, die 925 *m* hohe Insel Attu frei von jeglichen vulkanischen Gesteinen ist und aus ältern Formationen besteht als alle andern aleutischen Inseln. Noch weiter innerhalb des Kreisbogens, in beinahe 100 *km* Abstand von ihm, bleiben die Beringinsel und die Kupferinsel, in denen ältere basische Eruptivgesteine nebst Basalten und tuffigen mitteltertiären Sedimenten vorkommen. Alle im Westen von 168° westl. L. gelegenen Inseln erheben sich auf einem schmalen Rücken, welcher von der 1000 *m*-Linie umzogen wird. Bald ist die Inselreihe einfach, bald tritt dazu eine Innenreihe, besonders gegen das westliche Ende hin. Die Länge der den Aleutenbogen fortsetzenden Halbinsel Alaska, von Kamishak-Bay bis zur Spitze, ist 765 *km*; der Kreisbogen von dort bis Agattu mißt 1720 *km*. Verlängert man den Bogen mit gleichem Krümmungsradius westwärts, so trifft er nach einem Verlaufe von 780 *km* durch inselleeren Raum, also nach einer Gesamtlänge von 3267 *km*, die Halbinsel Kamtschatka am Kap Kronotski.

Zwei Breitengrade weiter nördlich beginnt mit dem Schiwelutsch die nicht ganz regelmäßig gestellte Doppelreihe von Vulkanen, welche mit einer Breite von durchschnittlich etwa 100 *km* und der Länge von 700 *km* das östliche Kamtschatka in der allgemeinen Richtung NNO—SSW durchzieht. Die Linie bildet einen sanftgekrümmten, nach Ost konvexen Bogen. Die Aleutenlinie trifft auf sie unter einem Winkel von 70 bis 80°. Sie erreicht die Küste, wo diese in breitem Wulste vorspringt und ausnahmsweise wesentlich aus vulkanischem Gesteine zu bestehen scheint. Dazu kommt, daß gerade an dieser Stelle weiter landeinwärts eine bedeutende Verbreiterung der vulkanischen Zone stattfindet, indem drei Vulkane merklich nach Osten aus ihr heraustreten; fast genau in der weitern Verlängerung der Aleutenlinie ist, weit im Westen der Zone der Kamtschatkavulkane, der nach Erman zu 16 920 Par. Fuß oder 5500 *m* aufsteigende Vulkan Itscha oder Itschinskaja Sopka, der höchste Berg Kamtschatkas,

dem kristallinischen Achsengebirge der Halbinsel aufgesetzt. Die um $1\frac{1}{2}$ bis 2° weiter nördlich auf der Westseite zerstreut liegenden vier erloschenen Vulkane lassen in ihrer Anordnung keine Beziehung zu den beiden großen vulkanischen Zonen erkennen."

„Obgleich ein 780 *km* langer Teil des Aleutenbogens nicht sichtbar ist, erscheint der Schluß gerechtfertigt, daß die durch ihn bezeichnete, mit erloschenen und rezenten Vulkanen besetzte tektonische Linie unter nahezu rechtem Winkel auf die Kamtschatkavulkanzone und die ihr wahrscheinlich parallelen Strukturlinien der Halbinsel stößt, und in der Nähe der erstern die Eruptionstätigkeit des Aleutenbogens selbst einen erneuten Antrieb erhält. Es ist ferner wahrscheinlich, daß die Bogenlinie quer durch jene Zone hindurch fortzieht, und der gewaltige vulkanische Kegel der Itscha ihr angehört. Es würden sich also die beiden Vulkanlinien schneiden und einander durchsetzen".

An das Südende der Vulkanzone Kamtschatkas setzt sich in einer 50 bis 60 *km* breiten Doppellinie vulkanischer Inseln der Kurilenbogen an, 1270 *km* lang. „Bald verschwindet die innere Reihe, die äußere setzt sich wie eine Perlenschnur von Inseln allein fort. Aber in der letzten Strecke von 130 *km* ist wieder eine Doppellinie vorhanden, indem, wie es scheint, eine innere parallele Insellinie zur äußern hinzutritt; ihr gehören die größern Inseln Urup, Iturup und Kunaschiri an. Mit der Streichrichtung WSW tritt der Bogen in Yesso ein, welches jetzt mit seinem Zubehör kleinerer Inseln als administrativer Bezirk den amtlichen Namen Hokkaido führt. Hier endet die Linie nicht. Nach den Anschauungen von Milne und den Forschungen von K. Jimbo setzt der Bogen in der Insel Yesso 200 *km* weit fort und bildet hier einen breiten, aus mehrern Vulkanen aufgebauten, zuletzt von O nach W streichenden Rücken, welchen Jimbo das Tschischimagebirge nennt. Mit dieser Richtung trifft er auf die aus paläozoischen und wahrscheinlich algonkischen Schiefern, durch Granitmassen und, im südlichen Teile, einen langgedehnten Granitrücken ausgezeichnete Achsenkette der Insel, welche im Kap Erimo in das Meer ausläuft.

Wo die Tschischimalinie unter einem Winkel von 75 bis 80° auf den achsialen Zug stößt, erhebt sich die vulkanische Masse des Optateschke, und diese betrachtet Jimbo als das Ende des Kurilenbogens.

Bemerkenswert ist die außerordentliche Analogie der Kettungen des Aleutenbogens mit Kamtschatka und des Kurilenbogens mit Yesso. Überhaupt weisen beide Bogen manche Ähnlichkeit auf. Beide beginnen in langen Halbinseln und werden dann selbständig; beide weisen in ihrem Unterbaue Eruptivgesteine von älterm Charakter auf, und in beiden deuten Sedimentgesteine darauf hin, daß wir es mit kontinentalen Gebilden zu tun haben, in denen die Vulkane nur eine ornamentale Rolle spielen. In den Kurilen ist nur Tertiär- und

Kreideformation bekannt. In den Aleuten reicht der Grundbau in höhere geologische Zeit hinauf. Beide haben auf der Außenseite des vulkanischen Bogens kein Land aufzuweisen; bei beiden treten auf der Innenseite Glieder von abweichendem Streichen auf. Dies gilt ebenso für Kupferinsel und Beringsinsel wie für die rein nordöstlich gerichteten Gebilde in der Nähe des Westendes des Kurilenbogens."

In einer besondern Untersuchung beschäftigt sich Prof. v. Richthofen mit den Gebirgskettungen der japanischen Bogen. „Nach den heute herrschenden Anschauungen ist der japanische Bogen ein durch eine Grabenversenkung (Naumanns bekannte Fossa magna) in zwei Stücke getrenntes Faltungsgebirge vom Alpentypus. Eine scharfgezeichnete Linie, die „Medianlinie," durchzieht den Bogen in seiner ganzen Länge und trennt eine durch reichliche Granite ausgezeichnete, der Kernzone der Alpen entsprechende Innenzone von einer aus stark gefalteten paläozoischen Schichtgebilden bestehenden Außenzone, in welcher stellenweise auch mesozoische Schichten in schwächerer Faltung auftreten. In jedem der beiden Flügel erfahren die beiden Zonen bei der Annäherung an die Fossa eine Rückbeugung, und es entsteht dadurch eine Form der Kettung, welche an die indische Scharung erinnert und von Harada mit ihr verglichen wird, während Naumann die Ähnlichkeit der Form zwar zuerst gefunden hat, den Vergleich aber abweist. In Nordjapan wird die Außenzone durch die Gebirge von Kitakami und Abukuma gebildet; ihre Rückbeugung geschieht im Kwantogebirge.

Untersucht man die Inseln nach dem jetzigen Stande ihrer Einzelkenntnis, so verwischen sich einige wesentliche Züge dieses durch seine Einfachheit bestechenden Bildes, und damit schwindet die Ähnlichkeit mit dem wohlbekannten Bilde der Gebirgsbogen vom Alpentypus, und verwickelte Probleme stellen sich ein."

Prof. v. Richthofen zeigt dies des nähern, indem er zunächst den Grundbau von Nordjapan, dann denjenigen von Südjapan und endlich den Gesamtbau und seine Störungslinien betrachtet. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß die Insel Tsuschima und die Gruppe der Goto-Inseln nicht zum japanischen Baue gehören, sondern Glieder des koreanischen Bogens sind. Südjapan besteht nach v. Richthofen aus zwei verschiedenen selbständigen Gebirgen, nämlich 1. einem äquatorial gerichteten, aus Gneisen und paläozoischen Schichtgebilden aufgebauten, postkarbonisch gefalteten und von wahrscheinlich zumeist postkarbonischen Graniten reichlich durchsetzten, sehr stark abgetragenen Hauptstamme, welcher in seiner Gesamtheit nach Süden verschoben worden ist, wobei sein an einem nicht sichtbaren Widerlager geschlepptes östliches Ende eine scharfe, nach SO konvexe Krümmung erfuhr; und 2. einer nur noch in einem Streifen erhaltenen, aus gefalteten paläozoischen und vielleicht algonkischen Schichtgebilden mit spärlichen Granitintrusionen bestehenden, breit angelegten Gebirgszone, deren ursprünglich in sinischer Richtung (etwa

W 30° S bis O 30° N) streichende Faltungen durch die südwärts bewegte Nordzone zu einem nach NW konvexen Bogen deformiert und mit innerer Stauung in langer, scharf gezeichneter Linie an das stauende Gebirge der Nordzone angeschweißt worden sind.

Der äquatoriale Hauptstamm ist wahrscheinlich eine Verlängerung des Tsinlinggebirges, das Kuma-Kiigebirge ein östliches Glied des südchinesischen Berglandes.

Der Grundbau von Nordjapan, einschließlich Yesso, ist bezeichnet durch das Vorhandensein von drei breiten, einander parallelen, geradlinig verlaufenden, in der Richtung NzW bis SzO streichenden, stark gefalteten Zonen, welche von Richthofen nach den Namen ihrer als selbständige Gebirgsmassen auftretenden Teile, als Hidakazone, Kitakamizone und Abukumazone bezeichnet.

Zwei durch Vulkane bezeichnete tektonische Züge greifen von außen her in den Bau von Japan ein; nämlich der Riukiuzug und der mit den Volkanoinseln, Bonininseln, Schitschito- und andern ausnahmslos vulkanischen Inseln besetzte Zug des Boninrückens. In seiner nach NNW abgelenkten Fortsetzung erheben sich die Vulkane der Fudjireihe.

Die aufragenden Teile entsprechen nicht den bekannten Eigenschaften gestauter Bogengebirge vom Alpentypus. „Südjapan", sagt v. Richthofen, „zeigt in der Front einen gegen den vorliegenden Erdraum konkaven Bogen; Nordjapan und Yesso hingegen erscheinen als Fragmente eines quer gegen die äquatorialen Züge von Südjapan gestellten alten Festlandes von ganz anderer Art. Denkt man sich die beiden Festlandsteile, von denen die Bruchstücke sichtbar sind, noch nicht von Vulkanen durchspickt in größerer Ausbreitung wiederhergestellt, so könnte kaum ein Erdraum weniger geeignet erscheinen, um daraus einen Gebirgsbogen herauszugestalten. Aber gerade wie auf dem Festlande und an den Küsten gab das Zusammenwirken tellurischer Kräfte den durch sie hervorgerufenen, großen, gestaltenden Brüchen die Tendenz, sich unabhängig vom innern Baue zu großen Bogenlinien zusammenzufügen und ein ausgedehntes Gebilde von der Art eines Landstaffelblockes, mit sichelförmigem, aufgewölbtem Randgebiete und schüsselförmiger Senkung nach innen, hervorzubringen. Diesen Bedingungen entspricht das japanische Inselland in seiner Gesamtheit; das japanische Meer erfüllt den Boden der Schüssel".

Daß den über den Spiegel des Ozeanes aufragenden japanischen Bogen unterseeische gestaute Faltenbogen umspannen, hält Prof. v. Richthofen auf Grund seiner jetzigen Studie nicht mehr für wahrscheinlich, obgleich solche in den ostwärts gerichteten Abdachungen des Großen Ozeanes zur Tuskaroratiefe wohl vorhanden sein mögen.

Eine meridionale Bruchzone in Mittelasien. Prof. v. Richthofen hat untersucht[1]), inwieweit westlich von den früher nachgewiesenen

[1]) Sitzungsber. K. Preuß. Akad. der Wiss. 32. p. 977

Reihen von Landstaffelabfällen Ostasiens ähnliche Abfälle bestehen. Morphographisch erkennbar war seit längerer Zeit um den Meridian von Lan-tschou-fu, zwischen den Breitengraden von Liang-tschou-fu und Ti-tau-tschou, ein rascher Abfall der hohen Nanschanketten gegen ihre nur noch in niedern Zügen nachzuweisenden, zum Teil nach NO umbiegenden Fortsetzungen. Viel weiter südlich läßt sich in der Nähe desselben Meridians zwischen den Breiten von Tschöng-tu-fu und Tung-tschwan-fu ein bedeutender, streckenweise in Staffeln sich vollziehender Abfall des tibetischen Hochlandes aus der Kombination verschiedener Beobachtungen ableiten. Jeglicher Anhalt fehlte bisher für das 400 *km* messende Zwischenstück, wo die Gebirge der tibetischen Anschwellung in dem breit angesetzten Tsinling-gebirge sich weit nach Osten fortsetzen. Es wurde erwiesen, daß dort, östlich von Kiu-ting-schan und Min-schan, dieselbe Bruchzone der Anfügungslinie entlang das ganze Gebirgsland quer durchzieht und mit östlicher Absenkung verbunden ist. Wie die andern Meridianbrüche Ostasiens, so ist auch dieser von den Gefügelinien des innern Gebirgsbaues unabhängig.

Die Baraba und die Kulundinskische Steppe im westlichen Sibirien behandelt G. J. Tanfiljew[1]) auf Grund eigener Untersuchungen in den Jahren 1899 bis 1901.

„Die zwischen Irtysch und Ob gelegene Baraba ist ein überaus ebener, etwa 100 *m* Meereshöhe besitzender, seen- und waldreicher Teil des westsibirischen Flachlandes. Südlich daran grenzt die Kulundinskische Steppe, welche ihren Namen von dem großen Bittersalzsee in ihrer Mitte, dem Kulundinskischen See, hat.

In der Baraba liegt der große Steppensee Tschany, in welchen, von O kommend, die Flüsse Kargat und Tschulym einmünden. Die Ufer dieser Flüsse sind teils flach und salzhaltig, teils steil und aus Löß aufgebaut. Ähnliche Steppenflüsse sind Bagan, Karassuk und Burla. In dem Mündungsgebiete der Burla liegen mehrere Seen, von denen der größte der Topolnoje Osero bis 1896 leer stand und als Wiesenland benutzt wurde.

In den großen, bittersalzigen und abflußlosen See der Kulundinskischen Steppe münden Sujotka und Kulunda. Der Kutschuk mündet in den gleichnamigen See im SO.

Zahlreich sind die linken Zuflüsse des Ob; die durch sie, sowie den Hauptfluß angeschnittenen Uferprofile gelangen zu eingehender Beschreibung. Daraus, wie aus allem sonst durch Tanfiljew gesammelten Material ergibt sich über den geologischen Bau dieser Steppengebiete das folgende: Die älteste geologische Ablagerung scheint ein blaugrauer, plastischer Salzton zu sein, welchen N.

[1]) In russ. Sprache. Deutscher Auszug von M. Friedrichsen in Petermanns Mitteil. 1904. Litteraturber. Nr. 396. p. 119.

Wyssotsky für untertertiär und marin hält. Die in der Baraba vorkommenden braunen, plastischen Töne hält derselbe Gewährsmann für Miozän. Über den untertertiären Tonen liegt in der Kulundinskischen Steppe heller, stark sandiger Lehm, welchen Wyssotsky für eine miozäne Süßwasserbildung hält.

Nördlich einer Linie, welche den See Tschany mit dem obern Alei verbindet, erscheinen auf postpliozänen Sanden ruhende Lößablagerungen.

Die absolute Höhe der westsibirischen Ebene schwankt an der Eisenbahnlinie zwischen 225 *m* in Tscheliabinsk am Ural und 100 *m* in den mittlern Teilen der Baraba. Nach SO hebt sich das Terrain allmählich bis etwa 230 *m*. Die tiefsten Punkte der Kulundinskischen Steppe haben eine Höhe von nur ca. 117 *m*, die höchsten von etwa 310 *m*. Sehr charakteristisch und bereits von Middendorff hervorgehoben sind für diese Steppen die von NO nach SW laufenden, einander parallelen Täler und dazwischen liegenden flachen Landrücken.

Über das Einschrumpfen der Seen Westsibiriens hat man schon seit Falks Reise im Jahre 1772 berichtet. Auch aus dem Vergleiche der an Seen reichern ältern Karten mit neuern glaubte man dasselbe schließen zu können. In der Tat läßt sich denn auch heute an alten Terrassen und Salzstellen ein Sinken der Seespiegel vieler westsibirischer Seen konstatieren, indessen hält Tanfiljew dies für eine nur periodische Erscheinung im Sinne der Brücknerschen Klimaschwankungen. Im Sinken befindliche Seen können nach Ablauf einer solchen Trockenperiode wieder steigen. In der Tat hat man dies jüngst am Aralsee wie an vielen Steppenseen beobachtet.

Die Baraba, sowie der nördliche Teil der Kulundinskischen Steppe ist von einem Südrußland ähnlichen Schwarzerdeboden bedeckt. Doch unterscheidet sich die Westsibirische Steppe durch das häufige Vorkommen kleiner Birkenwäldchen in flachen Bodenvertiefungen vor dem europäischen Analogon. Daneben durchziehen ausgedehnte Salzstellen und Rohrsümpfe das Land. Im europäischen Rußland pflegen letztere dagegen meistens zu fehlen. Unter der Steppe geht der schwarze Boden allmählich in den gelbgefärbten Untergrund über."

Die Dünenbildungen in der Tschertschenwüste besprach Sven v. Hedin.[1] „Der Sand", sagt er, „liegt in der Wüste in Wellen geordnet, die gerade so aussehen wie die Wellen eines Meeres, über das ein beständiger, heftiger Wind hinstreicht. Anfangs erschien es mir eigentümlich, daß diese Sandrücken im nördlichsten Teile der Wüste nach SW laufen, diese Richtung dann aber allmählich in SSW und S übergeht, um in der Nähe des Tschertschen-darja nach SSO umzu-

[1] Petermanns Mitteil. 1904. p. 168.

biegen. Sie bilden also Bogen. Die Ursache der Entstehung dieses Reliefs glaube ich jedoch gefunden zu haben. Die größte Schwierigkeit bot die Erklärung, wie es möglich sei, daß die ungeheuer kräftigen Stürme (bis 27 *m* in der Sekunde an der Erdoberfläche), die besonders im Frühlinge über das Lopland und seine Umgegend hinfahren, die Sandanhäufungen so anordnen, daß die Windrichtung und die Dünenkämme einen spitzen Winkel bilden, während man doch naturgemäß erwarten müsse, daß die Windrichtung der Dünenkämme unter rechten Winkeln treffe. Nur im südlichsten Teile der Wüste, wo die Kämme der Dünenanhäufungen nach SSO laufen, scheint dieses physische Gesetz befolgt worden zu sein. Dieser scheinbaren Anomalie im nördlichen Teile der Wüste muß eine besondere Ursache zugrunde liegen. Betrachtet man hier die Lage der Einzeldünen, so findet man, daß ihre Kämme, wie es sich gehört, rechtwinklig gegen die Windrichtung liegen. Die von mir gefundene Erklärung ist, daß, unter Voraussetzung gleicher Windstärke und gleicher Windrichtung über der ganzen Wüste, die Deviation oder die bogenförmige Orientierung der Sandrücken darauf beruht, daß die Sandmenge der Dünenanhäufungen im N größer ist als im S, und die Dünen im südlichen Teile der Wüste also schneller wandern müssen als im nördlichen. Im nördlichen Teile der Wüste müssen Winde die Längsachsen der Dünenanhäufungen also unter spitzen Winkeln treffen. Vollkommen regelmäßige Bogen bilden diese Sandrücken natürlich nicht; aber als Regel läßt sich sagen, daß der Winkel nach S hin größer wird.

Zwischen diesen ungeheuern Sandwogen, deren Inhalt die unglaublich beständigen ONO-Winde weitertragen, und die selber von dem zerfallenden, vermorschten Kuruk-tagh herstammen, bilden sich Wellentäler, ganze Ketten von Depressionen, die durch verhältnismäßig niedrigere Sandschwellen voneinander getrennt sind. Jede derartige Depression wird von den Eingeborenen Bajir genannt und bildet ein kleines Becken für sich mit Lehmboden und von Sand umgeben, der auf der Ostseite steil abfällt, auf der Westseite aber langsam nach dem nächsten Kamme emporsteigt. Die Seen auf dem rechten Tarimufer sind nichts anderes als solche Bajirdepressionen, die durch reinen Zufall mit Wasser gefüllt worden sind, und dieser Zufall besteht darin, daß der Tarim, der in frühern Zeiten gerade nach O durch das Bett des Kuruk-darja strömte und sich in den alten See Lop-nor ergoß, seither seine Richtung nach O in eine südöstliche verändert und dabei ungeheuere Sandmassen aus der Wüste fortgespült hat. In der Lage, die der Fluß in diesem Augenblicke einnimmt, setzt er seine Spülarbeit fort; er wandert nach rechts, unterwäscht die Giebel der Sandrücken und zehrt an ihnen, spült neue Sandmassen fort, gewinnt Terrain und nivelliert die Wüste. Eine Bootfahrt flußabwärts auf diesem Teile seines Laufes ist höchst interessant und bildet eine Reihe großartiger, malerischer Perspektiven. Dann und wann dringen die nach S gerichteten Flußwindungen tief in den hohen Sand ein; 90 *m* hohe

Dünenmassen fallen am rechten Ufer in Winkeln von 33° gerade nach dem Wasser ab. Wie ist es möglich, daß die Dünen gerade hier, wo sie ihre Giebel der vorherrschenden Windrichtung direkt zukehren, so steil sein können, da man doch erwarten müßte, daß das Gefälle hier sehr langsam abgedacht wäre! Die Erklärung liegt in der ununterbrochenen Bewegung des Flusses nach SW. Der Wind arbeitet wohl in den obern Schichten der Dünen daran, ihr Gefälle immer flacher zu machen, anderseits aber arbeitet an ihrer Basis die unterwaschende, fortschwemmende Kraft an der Erhaltung der Steilheit, und da diese Kraft stärker ist, bleibt sie Sieger.

Die Seen hindern die Wanderung der Dünenmassen in keiner Weise. Aus einer mitgeteilten Tabelle geht hervor, daß ihr Volumen, mit dem der Dünenmassen verglichen, unbedeutend ist. Letztere setzen ihr langsames Vorrücken nach W ungehindert fort. Die charakteristische Depressionsform der Seen bildet einen der besten Beweise für die Wanderung der Dünenanhäufungen. Dieselbe Form findet sich bei jeder der unzähligen Bajirdepressionen der Wüste wieder, d. h. sie sind stets am tiefsten längs der Basis der steilen Leeseite, die sich am Ostrande der Bajir erhebt. Dieser Teil der Depression ist derjenige, welcher während des längsten Zeitraumes der Korrosion und Deflation, der aushöhlenden Tätigkeit des Windes ausgesetzt gewesen ist. Der Westteil einer Bajir ist weniger tief ausgemeißelt, weil es verhältnismäßig kurze Zeit her ist, daß der unterste Teil der Windseite der westlichen Dünenanhäufung ihn verlassen hat. Die Bajirdepressionen wandern demnach mit den Dünenanhäufungen nach W; nach Jahrhunderten und Aberjahrhunderten erneuert sich der Untergrund, der ihren Boden bildet, sie selbst aber behalten ihre Individualität und verändern ihre Form wenig und langsam.

Sie verschwinden jedoch schon vollständig, ehe sie noch den Kerija-darja und meine Route durch die Wüste von da, wo dieser Fluß verschwindet, bis an den Tarim (im Februar 1896) erreicht haben. Der Grund ihres Verschwindens liegt natürlich darin, daß die Winde in diesem westlichern Teile der Wüste weniger regelmäßig und beständig als im Loplande sind. In der Taklamakanwüste war von dem unglaublich regelmäßigen Relief der Tschertschenwüste keine Spur vorhanden."

Die Ammonsoase Siwe wurde von Prof. Dr. G. Steindorff auf einer archäologischen Zwecken dienenden Reise besucht.[1] Er bemerkt, daß sich für den Namen keine Erklärung geben lasse, doch sei die gewöhnliche Schreibweise Siwah oder Siouah nicht richtig. Die Größe von Siwe lasse sich ebensowenig wie die anderer Oasen bestimmen, da man die Grenzen der Einsenkung nicht genau festlegen kann. Am klarsten lägen sie im N, wo der Steilabfall des marma-

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 179.

rischen Hochplateaus das Oasenbecken in sicherer Linie abschließt. Im O beginnt die Senke schon mit dem Wadi Umm huemil und wird weiterhin durch den Gebel Temire begrenzt; im SO geht sie, ganz allmählich ansteigend, in die Wüste über. Die südlichen und westlichen Grenzlinien hat Verf. nicht genauer verfolgen können. Auch über die Ausdehnung des kulturfähigen Bodens, dessen grüne Inseln sich klar vom gelben, unfruchtbaren Wüsten- und Sumpfboden abheben und von dem höchsten der Inselberge, dem Gebel el-hemmadat, vortrefflich übersehen lassen, kann er keine zuverlässige Angabe machen. Er hat das Fruchtland einmal auf 15 bis 20 *qkm* geschätzt.

„Auf dem Boden der Oase erhebt sich eine größere Zahl sog. Inselberge. Die größten, die auch besondere Namen tragen, sind die folgenden: im Mittelpunkte der Oase die Hügel, welche die beiden Hauptorte des Ammoniums tragen: der zweikuppige Berg von Siwe und der im N steil abfallende Berg von Aghurmi; ferner der schon erwähnte Gräberberg Qarit el-musabberin und der Gebel el-hemmadat oder, wie er siwisch heißt, Adrar embrik. Im W der Oasen erheben sich zwei größere Inselberge, der Adrar amilal, der „weiße Berg“, und der Adrar gari. Beide Namen sind siwisch.

Das Hauptkulturgebiet schließt sich in einem Kreise um die Berge von Siwe und Aghurmi und wird im SO durch den Gebel el-Hemmadat abgeschlossen. Zwei andere Kulturinseln liegen im W der Oase bei den Weilern Meschindid und Chamise, zwei kleinere auf dem Wege dorthin bei Dobbu und Deheba. Endlich liegt im SO der Einsenkung das Kulturgebiet von Zetun. Die Lebensadern dieser Vegetationsgebiete, auf denen hauptsächlich Palmen und Ölbäume gedeihen, sind die süßen Quellen, die unmittelbar unter der Oberfläche emporsprudeln. Sie werden in Becken, die wohl schon im Altertume mit Kalksteinquadern sauber ausgemauert worden sind, aufgefangen und in Gräben weitergeleitet, um die Gärten zu tränken. Über 30 solcher Quellen soll es in der Oase geben. Die berühmteste von allen ist die Ain el-hammam, „die Badequelle“, die wahrscheinlich mit der von Herodot, Arrian, Diodor und andern Klassikern wegen ihrer wechselnden Temperatur geschilderten „Sonnenquelle“ identisch ist.

Der Größe der Kulturinseln entsprechen natürlich die in ihnen gelegenen Ansiedlungen. Die beiden größten Ortschaften sind das eigentliche Siwe und Aghurmi. Siwe erhebt sich auf einem durch einen Sattel in zwei Höhen, den West- und Ostberg, geteilten Inselberge. Am Ostabhange des Ostberges liegt der Markt mit dem ganz ansehnlichen Bazar. Dann setzt sich der Ort noch ostwärts in der Ebene zwischen dichten Palmengärten fort und bildet mehrere Ortschaften. Sie führen die Namen Edarra, Sibuche und Menschije. Alle zusammen sind nach der letzten Volkszählung von 6680 Menschen bewohnt. Wesentlich kleiner ist der zweite Ort Aghurmi, dessen Wohnplätze fast nur auf dem Berge liegen; seine Einwohnerzahl beträgt 520. Ganz unbedeutend sind die übrigen Ortschaften. Zetun

soll nur 60 Einwohner haben. Meschindid und Chamise sind wohl noch kleiner. Dobbu und Deheba bestehen nur aus wenigen Häusern; sie standen bei unserm Besuche in der kalten Jahreszeit leer und sollen nur in den heißen Monaten von ihren in Siwe wohnenden Besitzern als Sommerfrische aufgesucht werden.

Die Siwis gehören zu den hellfarbigen (libyschen) Berberstämmen Nordafrikas und unterscheiden sich in ihrem Aussehen deutlich von den arabischen Beduinen der Wüste und den schwarzen Negern Zentralafrikas, von denen eine ganz beträchtliche Zahl durch Sklavenhandel auch in diese Oase gekommen ist. Auch in der Sprache haben sie sich ihre Eigenart bewahrt. Sie sprechen einen Berberdialekt, der mit andern in Nordwestafrika noch gesprochenen Berberdialekten, dem Kabylischen und verschiedenen marokkanischen Dialekten in naher Verwandtschaft steht. Die Männer sprechen daneben meist auch noch Arabisch, besonders im Verkehr mit den arabischen Beduinen, die von O und W mit ihren Karawanen zur Ammonsoase kommen.

Im Altertume ist das vegetationsfähige Gebiet der Oase wohl noch größer gewesen als heute; durch Versiegen der Quellen und durch Versumpfung sind die Kulturinseln im Laufe der Jahrhunderte sehr zusammengeschrumpft und haben gewiß nicht unbeträchtliche fruchtbare Stücke verloren. Außerdem scheinen auch ganze Gebiete der Kultur verloren gegangen zu sein, wie die Gegend bei dem Qasr el-ghaschscham, die heute verödet ist, und wo, nach den erhaltenen Ruinen zu urteilen, in griechisch-römischer Zeit eine größere Ansiedlung, die doch ohne Kulturboden nicht denkbar ist, gelegen haben muß."

Über Inselberglandschaften im tropischen Afrika verbreitet sich Dr. S. Passarge.[1]) Die Benennung stammt von Bornhardt[2]) und bezieht sich auf Berge und Gebirgsstöcke, die wie Inseln aus der ebenen Fläche emporragen. „Oft dehnen sich die Ebenen meilenweit aus, ohne jede Erhebung, ohne wesentliche Einsenkungen, nur hier und dort, oft 20, 30, 40 und mehr Kilometer voneinander getrennt, oft aber auch dichter gedrängt, stehen die isolierten Berge, kleine Kuppen von hundert und viel weniger Metern Höhe bis zu Massiven von der Größe des Harzes und größer. Der Übergang von der Ebene zu den Bergen ist oft absolut scharf und unvermittelt. Die Ebene tritt an das steil aufsteigende Gehänge heran, höchstens vermittelt eine schmale Böschung von Blockschutt und Grus, der vom Gehänge stammt, den Übergang zwischen beiden. In andern Fällen werden die Gebirgsstöcke von einem alluvialen Mantel umgeben, die aus den Gebirgen herausgeschwemmt und auf den primär vorhandenen

[1]) Naturwiss. Wochenschr. 1904. Nr. 42.
[2]) Zur Oberflächengestaltung Deutsch-Ostafrikas. Berlin 1900.

Ebenen zur Ablagerung gelangt sind. Der Charakter der Ebene bleibt darum immer erhalten."

Dieser Landschaftstypus findet sich in zwei Zonen: einer, die am Roten Meere zwischen Abessinien und Sunkin beginnt und sich über Kordofan und Wadai nach Dar Fertit zieht und im zentralen Sudan wahrscheinlich stark ausgeprägt ist, und einer zweiten, die mit der Massaihochsteppe in Deutschostafrika beginnt und sich gegen das Schirehochland hinzieht. Dort wurde sie von Bornhardt studiert. Passarge unterscheidet verschiedene Typen dieses Landschaftscharakters und bespricht die möglichen Vorgänge, welche ihre Entstehung bedingt.

Das Gebiet des Orinoko zwischen den Flüssen Cuchivero und Caura bereiste im Winter 1901 bis 1902 Dr. S. Passarge.[1]) Die Reise begann in Las Bonitas am 22. November 1901 und endete ebendaselbst am 7. März 1902. Von den Hauptflüssen des untersuchten Gebietes hat der Orinoko eine Breite von 3 bis 4 *km*, enthält jedoch zahlreiche Inseln und Sandbänke, die ihre Form und Lage häufig zu verändern pflegen. Dennoch ist er auch während der Trockenzeit noch für 1 *m* tiefe Fahrzeuge befahrbar. Der Caura hat an seiner Mündung eine Breite von 1100 *m*, weiter oberhalb jedoch von 600 bis 800 *m*. Er hat fast auf der ganzen Strecke seines Laufes hohe Steilufer, die mit dichtem Walde besetzt sind. Zur Regenzeit, während welcher ihn Dr. Passarge befuhr, war er stark angeschwollen und reißend, deshalb schwierig zu befahren. Der Cuchivero kommt für die Schiffahrt wenig in Betracht, ist aber dafür ausgezeichnet durch die hohe landschaftliche Schönheit seiner Ufer, die von hohen, mit dichten Urwäldern bedeckten Bergen gebildet werden.

Die Südgrenze des bereisten Gebietes wird von einem Gebirge gebildet, das zu dem Hochlande von Guayana gehört. Es ist ein aus niedrigen Rücken und welligen Ebenen zusammengesetztes Gneisland, das mit hohem Grase und zerstreuten Steppenbäumen bestanden ist und sich in dem fraglichen Gebiete höchstens 100 bis 200 *m* über die Ebene des Cuchivero erhebt. Aus diesem Gneislande ragen hohe, mit schwarzgrünem Urwalde bedeckte Gebirgsmassive heraus, die voraussichtlich aus Granit bestehen. Nach Norden hin senkt sich allmählich das Land. Die Gneisplatte taucht unter das Niveau der Llanosebene unter, dagegen setzen sich die gewaltigen Granitstöcke als hohe Gebirgsmassive noch weit nach Norden fort. Ein Gesamtname fehlt dem großen Südgebirge zwischen Caura und Cuchivero und westlich des letztern, im allgemeinen hat jede Gruppe einen eigenen, ja zuweilen mehrere Namen. Zwischen dem Nordrande des eben geschilderten Südgebirges und dem Südrande der Kordillere von Nordvenezuela erstreckt sich die weite Fläche der Llanosebene. Die

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1904. p. 33.

Llanos gewähren nicht durchweg den gleichen Anblick. Der Hauptsache nach sind sie eine Buschsteppe, mit Chaparro, Alcorno und andern Steppenbäumen bewachsen. Das am meisten verbreitete Gras ist das Saetagras, Trachypogon polymorphus. Der Boden ist meist ein gelber bis roter Lehm und lehmiger Sand. Die Llanos werden in ausgiebigster Weise von Wasserläufen durchsetzt, die einen verschiedenartigen Charakter haben. Zum großen Teile sind es Bäche, die in einer flachen, sumpfigen Mulde beginnen. Von dieser aus zieht sich eine schmale, sumpfige Wasserrinne entlang, die von einer langen Reihe schlanker Mauritiapalmen begleitet wird. Diese Rinnen, „Morichales genannt," sind für die Landschaft außerordentlich charakteristisch und von hoher Schönheit. Ebenso wichtig sind sie in wirtschaftlicher Hinsicht, denn sie versorgen das Land mit Wasser, und in ihrem Bereiche wächst auch während der Trockenzeit meist frisches, grünes Gras. Dagegen setzen sie dem Verkehre große Hindernisse entgegen. Denn die mit schwarzem, weichem Sumpfboden gefüllten Talrinnen sind nur an einzelnen Pässen zu überschreiten, die oft nur wenigen Kundigen bekannt sind.

Nähert man sich, vom Orinoko nach S gehend, dem Gebirge, so beginnt eine Änderung in dem landschaftlichen Bilde. Rundliche schwarze Granitfelsen tauchen unter der Lehmdecke auf, runde, mächtige Buckel, aus Blöcken aufgetürmte Felsburgen, Hügel, Rücken, Platten aus bis faustgroßen, glatten Quarzgeröllen folgen. Schließlich beginnen die mächtigen Gebirgsmassive, die meist mit steilen, bewaldeten Hängen recht unvermittelt aus der Ebene aufsteigen. Die Llanossteppe endet vor dem Erreichen der Gebirgswände als ein flaches Plateau. Zwischen dessen Rand und den Gebirgen ziehen sich Niederungen hin, die mehrere Kilometer Durchmesser haben können. Diese bilden die für das Land außerordentlich wichtigen Potreros, das beste Weideland des Cauragebietes. Denn da sie unter einer grauen humosen Lehmdecke eine Schicht wasserundurchlässigen Tones besitzen, bleibt während der Regenzeit das Wasser auf ihnen stehen und macht sie sumpfig, und wenn dann im Sommer die Llanossteppe längst verdorrt und als Weide unbrauchbar geworden ist, sind die feuchten Protreros ein prachtvolles grünes, frisches Weideland, auf dem das Vieh nicht nur die Dürre übersteht, sondern sogar dick und fett wird. In den Potreros fehlen nicht Klippen von Granit, flache Hügel und Platten aus zelligem Brauneisenstein, Eisensandstein und Geröllagern aus abgerundeten, bis faustgroßen Quarzsteinen. Solche Erhebungen haben zum Teil nicht unbedeutende Ausdehnung und heißen „Invernaderos", d. h. Überwinterungsplätze, weil auf ihnen das Vieh während des Winters, d. h. während der Regenzeit, wenn die Ebenen sumpfig sind, lebt. Ein anderes Gebiet, das für die Trockenzeitweide ganz besonders wichtig ist, ist das Überschwemmungsgebiet der großen Flüsse, von den Einwohnern Rebalce genannt. Solche Überschwemmungsflächen haben

innerhalb des untersuchten Gebietes Orinoko und Cuchivero in großer Ausdehnung, während sie dem Caura fehlen.

Das Klima des Cauragebietes ist selbstverständlich nicht abweichend von dem des übrigen Guyana. Die Regen fallen hauptsächlich von Ende Mai bis Ende November. In den folgenden Monaten herrscht vorwiegend trockenes Wetter.

Die Vegetation zerfällt in drei verschiedene Typen: Waldland, Steppenland und Sumpfgebiet. Urwald bedeckt die meisten Granitmassive. Er ist sehr dicht, sehr hoch und meist mit erheblichem Unterholze erfüllt. Der Reichtum an Arten ist außerordentlich groß. Palmen spielen in ihm eine große Rolle, und zwar besonders die Palma de agua, eine Fiederpalme. Innerhalb der Ebene findet sich Wald am Rande der Bäche und Flüsse. Die Steppenvegetation hat ihre hauptsächlichste Verbreitung in den Llanos. Harte Gräser in Büschelform, knorrige niedrige Bäume mit oft hartem Holze sind die Hauptcharakterpflanzen. In scharfem Gegensatze zu der dürren Steppe steht die Vegetation des Sumpflandes, der Morchalen, Potreros und Überschwemmungsgebiete. Zwei Palmen sind charakteristisch für sie. Die eine, die Morichepalme, gedeiht nur auf dauernd feuchtem Boden an den sumpfigen Bachläufen, denen sie ihren Namen verdankt, und in den Potreros. Die andere, die Macanillopalme, wächst dagegen mit Vorliebe im Überschwemmungsgebiete. Von der reichen Tierwelt des bereisten Gebietes erwähnte der Reisende besonders die den Boden durchwühlende und umgestaltende Arbeit der Ameisen und der Sumpfschildkröten (Morokois). Außerdem wird das Cauragebiet bevölkert von roten Brüllaffen, blutsaugenden Fledermäusen, großen Hirschherden, Pekaries, Chiguires und Tapiren. Süßwasserdelphine schwärmen in Scharen im Orinoko. Die Vogelwelt ist fast noch reicher als die der Säugetiere. Schwarze Aasgeier, Papageien, mehrere Arten von Laufhühnern, zahlreiche Sumpf- und Wasservögel wären zu nennen. Die Flüsse und Sümpfe beherbergen zahlreiche Fische, unter ihnen die berühmten Zitteraale, zwei Arten von Alligatoren, mehrere Arten von Schildkröten usw. Für den Reisenden bilden besonders in den sumpfigen Gebieten Moskitos, Zancudos (Mücken) und Garapatas (Holzböcke) eine beständige, lästige Plage.

Vorgeschichtliche Bergstürze im Inntale. Zu den gewaltigsten Ereignissen dieser Art, von denen kein Sang und keine Sage etwas meldet, sondern die lediglich in ihren ungezählte Jahrtausende überdauernden Wirkungen zu uns sprechen, gehören die vorhistorischen Bergstürze an der Mündung des Ötztales und am Fernpasse, welche großartige Schuttlandschaften geschaffen haben, die der Landschaft dort einen romantischen Charakter verleihen. Schon wiederholt ist diese Landschaft Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und

beschreibender Schilderungen gewesen. Jetzt hat Dr. O. Ampferer eine neue Studie über diese Gebiete geliefert.[1])

Ein Bergkamm, der im Tschirgant (2372 *m*) seine höchste Erhebung erlangt, begleitet das Inntal auf seiner Nordseite von Imst bis gegen Telfs. Er wird von einem eng zusammengepreßten Triassattel gebildet, an dessen Aufbau sich ein schmaler Kern von Muschelkalk, dann Wettersteinkalk und Dolomit, Raibler Schichten, sowie Hauptdolomit beteiligen. Dieses Gewölbe ist nur im Gebiete des Tschirgant im Westen ziemlich vollständig erhalten, während es gegen Osten immer tiefer hinein vom Inn angeschnitten wird. Der Abhang gegen das Inntal ist durchweg sehr steil und weist auf der kurzen Strecke von Haiming bis Roppen innerhalb 5 *km* Erstreckung drei große und selbständige Bergstürze auf, von denen der westlichste bei weitem am mächtigsten entfaltet ist.

Sein Abrißgebiet greift am Ostgrate des Tschirgant an einer Stelle nahezu bis auf die Kammhöhe und umfaßt von 2200 *m* bis abwärts zu 1100 *m* Höhe mit Einschluß der östlichen zugehörigen Runsen eine Fläche von ungefähr 1.8 *qkm*. Der größte Teil dieses Gebietes besteht aus Wettersteinkalk und Dolomit. Nur am untern Ende und an der nördlichsten obern Ecke werden auch schmale Züge von Raibler Schichten (gelbliche Rauhwacken, schwarze Schiefer, bräunliche Sandsteine, dunkle Kalke), sowie Hauptdolomit mit ergriffen. Die grelle, weißlichgraue Farbe der steilen, wildzerfurchten Wände und Rinnen hat für die volkstümliche Bezeichnung „weiße Wand" den Anlaß geboten. Am untern Rande verengen sich diese weiten Rachen zu schmalen Schlünden, die von einer Zone von Hauptdolomit begrenzt werden, welche kleine gerundete Wandstufen bildet, unter denen die großen Schuttkegel ansetzen, die bis zum Inn in sehr gleichmäßiger Neigung hinabströmen. Der Inn selbst ist von den im untern Teile vereinigten Schuttkegeln kräftig zurückgedrängt und zeichnet ihnen die Südgrenze vor, wobei zu bemerken ist, daß der Schuttkegel fast überall allmählich oder mit niedriger Abschwemmstufe dem Flußbette naht.

Bezüglich des Alters und der Entstehung dieses Bergsturzes, der nach der Definition von Heim als Felssturz zu bezeichnen ist, sind verschiedene Ansichten ausgesprochen worden, welche Penck in dem Werke: „Die Alpen im Eiszeitalter", bei der Besprechung dieser Schuttlandschaft zum Vortrage bringt. Halbwegs sichere Schlüsse zu ziehen, gestatten nur die Aufschlüsse nördlich vom Inn, wo deutliche und ausgedehnte Reste von typischer Grundmoräne in naher Lagebeziehung zu den Bergsturzmassen erhalten sind. Die Grundmoränenmassen ziehen nämlich am Westrande des großen Schuttkegels „breite Muhre" bis zum Innbette hinab, es findet sich jedoch jenseits des Inn keine Spur einer Fortsetzung. Der Inn beschreibt gerade an

[1]) Verhandlg. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. p. 73.

dieser Stelle (nördlich vom Mairhof) eine scharfe Biegung gegen Norden, so daß die mächtigen Grundmoränen entlang der äußern Uferlinie enden, während ihnen gegenüber das grobe Trümmerwerk und der feinere Dolomitgries am andern Ufer eine weit vorspringende Landzunge ausschließlich zusammensetzen.

Diese Verhältnisse führen zu der Annahme, daß die überaus mächtigen Grundmoränen vom Inntalgletscher vor dem Losbruche des Bergsturzes abgelagert wurden. Durch die nach dem Eisrückgange eingreifende Erosion wurden die meisten dieser Ablagerungen wieder entfernt. Nun lösten sich die Bergsturzmassen ab, fuhren über die Reste von Grundmoränen zu Tale und warfen den weitaus größten Teil ihrer Trümmer gegen den Eingang des Ötztales. Die gewaltige Wucht der hohen Sturzfahrt trieb die ganze Masse so kräftig von dem Berghange weg, daß zwischen diesem und der mächtigen Anhäufung der Trümmer ein ziemlich schuttfreier, daher auch relativ niedriger Streifen verblieb. In dieser Zone entlang dem Berghange schuf sich der Inn seinen Durchbruch.

Der Talzug des Fernpasses besteht aus zwei nordsüdlich und quer zum Streichen angelegten Teilen, denen eine dem Gebirgsstreichen folgende Strecke zwischengeordnet ist. Bedenkt man, daß knapp unterhalb des eigentlichen Paßwalles an seiner Westseite Taltiefen von nur 960 *m* zwischen mächtigen Schutthaufen vorhanden sind, so wird die Annahme nicht unwahrscheinlich, daß hier vor der Einlagerung der Schuttmassen eine völlig dem Inntale zu geneigte Talverbindung bestand. Heute ist dieser Talzug durch ungeheuere lose Gesteinsmassen so erfüllt, daß der höchste Wall eine Wasserscheide zwischen Loisach und Inn bildet.

Alles weist darauf hin, daß es sich hier um die Schuttmassen eines uralten Bergsturzes handelt. In der Tat findet man am Ostgehänge des Loreakopfes, gerade gegenüber der Paßschwelle, die gewaltige Ausbruchsnische eines Bergsturzes (Felssturzes nach Heim) klaffen. Der Paßwall liegt derselben gleichsam zu Füßen.

Diese Nische hat eine ziemlich symmetrische Gestalt, besitzt in der Tiefe die größte Ausdehnung und verschmälert sich dann gegen oben zuletzt in eine schmale Runse. Die größte Höhe erreicht der Ausbruch bei etwa 2100 *m*, seine aufgeschlossene Tiefe reicht bis gegen 1100 *m* herab, doch ist eine beträchtliche weitere Senkung seiner Bahn sicherlich anzunehmen. Dafür spricht vor allem die breite, gar nicht eingeengte Mündung, die eben nicht die wirkliche Endigung der Ausbruchsnische darstellt, welche ganz von Schutt verhüllt ist. Neben dieser breiten untern Öffnung ist noch die nicht besonders steile Neigung des umgebenden Berghanges, sowie der Umstand auffallend, daß der Abbruch sich ungefähr in der Streichrichtung der Hauptdolomitschichten vollzog. Die Öffnung des Ausbruches ist gerade gegen Osten gerichtet, und dem entspricht auch die Hauptmassenanhäufung in dieser Richtung, während fast senkrecht dazu,

gegen Süden, nur ein unverhältnismäßig kleiner Teil, vielleicht $^1/_6$, vorgetrieben wurde.

Entsprechend der ziemlich geringen Neigung der Ausbruchsfläche, die nur ein Gefälle von etwa 1100 *m* auf 3 *km* (22°) aufweist, lagert auch der mächtigste Schuttwall schon knapp vor der Mündung, und nimmt die getriebene Masse mit der Entfernung viel rascher ab als beim Tschirgantsturz.

Dafür steht hier einer Sturzbahn von 3 *km* Länge und 1100 *m* Fall eine Treibbahn von 7 *km* gegenüber, die allerdings entweder nur wenig ansteigend oder, wie in der südlichen Richtung, sogar durchaus flach abfallend ist.

Das auffallendste ist neben der eigentümlichen Gestalt der Schutthügel wohl die große Entfernung, bis zu welcher der Bergsturz gleichmäßig in zwei nahezu senkrechten Richtungen seine Massen auseinandertrieb.

Die streuende Gewalt dieses Sturzes bleibt trotz der scheinbar so bedeutenden erzielten Entfernungen hinter der des Tschirgantsturzes zurück. Die langen Bahnen sind wohl dadurch zu erklären, daß die rasch bewegten Massen in verhältnismäßig schmalen Kanälen vorwärtsgedrängt wurden.

Was das Alter des Sturzes anbelangt hat, hält ihn Dr. Ampferer zum mindesten für jünger als die letzte Vergletscherung (das sogenannte Bühlstadium).

Erdmagnetismus.

Die Mißweisung der Magnetnadel in Deutschland bildet den Gegenstand einer Erörterung von Dr. J. B. Messerschmitt.[1]) Er gibt in derselben eine Tabelle der Mißweisung für Mitte 1905, in der die Werte ausgeglichene, nach den sogenannten terrestrischen Isogonen gefundene Zahlen bedeuten.

Infolge der Unsicherheit in der säkularen Variation, wozu noch lokale Störungen kommen, können die gegebenen Werte in einzelnen Fällen um $\pm$ 0.2′ bis $\pm$ 0.3′ von der wahren Deklination abweichen. Diese zu ergründen, bildet aber die Hauptaufgabe der magnetischen Landesaufnahmen.

Die jährliche (säkulare) Abnahme der Deklination betrug in Deutschland vor 50 Jahren 7′ bis 8′, hat seitdem beträchtlich abgenommen und darf jetzt zu 5′ angenommen werden.

In München läßt sich die westliche Deklination nach den Beobachtungen der letzten vier Jahre durch die Formel

$$D = 10° \; 27.9' + 5.20' \, (1900.5 - t) + 0.442' \, (1900.5 - t)^2$$

darstellen, worin t das betreffende Jahr bedeutet.

---

[1]) Zeitschr. f. Vermessungswesen 1903. p. 681.

Prof. Ad. Schmidt hat für Potsdam aus den Beobachtungen der letzten zwölf Jahre die Formel

$$D = -10° 27.24' + 5.14' (t - 1896.0) - 0.104' (t - 1896.0)^2$$

abgeleitet, welche nahe mit der von E. Hammer abgeleiteten übereinstimmt.

Mißweisung der Magnetnadel, westlich, für die Mitte des Jahres 1905.

Geograph. Breite	Geographische Länge, von Ferro aus gezählt								
	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°
55°	13.5°	12.9°	12.6°	12.1°	11.4°	10.8°	10.3°	9.8°	9.2°
54	13.5	13.0	12.6	12.2	11.7	11.0	10.4	9.9	9.3
53	13.4	12.9	12.5	12.2	11.7	11.0	10.4	9.8	9.3
52	13.1	12.8	12.4	12.1	11.6	11.0	10.3	9.8	9.3
51	13.2	12.8	12.5	12.1	11.6	10.9	10.3	9.8	9.3
50	13.1	12.8	12.3	12.0	11.5	10.8	10.2	9.8	9.2
49	13.1	12.7	12.3	11.8	11.3	10.7	10.2	9.7	9.2
48	13.0	12.6	12.2	11.7	11.2	10.6	10.1	9.7	9.2
47	12.8	12.4	12.0	11.5	11.0	10.5	10.1	9.6	9.2
46	12.7	12.3	11.9	11.4	10.9	10.4	10.0	9.6	9.2
Geograph. Breite	5° 20'	6° 20'	7° 20'	8° 20'	9° 20'	10° 20'	11° 20'	12° 20'	13° 20'
	Geographische Länge, von Greenwich gezählt								

Mißweisung der Magnetnadel, westlich, für die Mitte des Jahres 1905.

Geograph. Breite	Geographische Länge, von Ferro aus gezählt								
	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°
55°	8.8°	8.4°	8.1°	7.6°	7.0°	6.6°	6.3°	5.7°	5.1°
54	8.8	8.4	7.9	7.4	6.9	6.4	5.9	5.3	4.7
53	8.8	8.3	7.9	7.3	6.7	6.2	5.7	5.1	4.5
52	8.7	8.2	7.6	7.1	6.6	6.1	5.6	5.0	4.5
51	8.8	8.2	7.8	7.2	6.7	6.2	5.6	5.2	4.6
50	8.8	8.3	7.7	7.2	6.7	6.3	5.7	5.3	4.8
49	8.8	8.3	7.8	7.3	6.8	6.4	5.9	5.4	4.9
48	8.8	8.3	7.8	7.3	6.9	6.4	6.0	5.5	5.0
47	8.8	8.3	7.8	7.4	7.0	6.5	6.1	5.7	5.2
46	8.8	8.3	7.8	7.4	7.0	6.6	6.2	5.8	5.3
Geograph. Breite	14° 20'	15° 20'	16° 20'	17° 20'	18° 20'	19° 20'	20° 20'	21° 20'	22° 20'
	Geographische Länge, von Greenwich gezählt								

Für den praktischen Gebrauch ist die tägliche Änderung der Mißweisung von Wichtigkeit, gemäß welcher die beobachtete Deklination in den Morgenstunden größer und in den Abendstunden kleiner ist als der tägliche Mittelwert. Das Hauptmaximum findet mittags 1 Uhr, das Hauptminimum vormittags 8 Uhr statt. Die Größe dieser Schwankungen ist überdies in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich groß. Die unten stehende Tabelle gibt für die vier Jahreszeiten die durchschnittlichen Schwankungen nach den Beobachtungen in München; im nördlichen Deutschland sind die Ausschläge zeitlich gleich, werden aber im Maximum um 1' bis 2' größer.

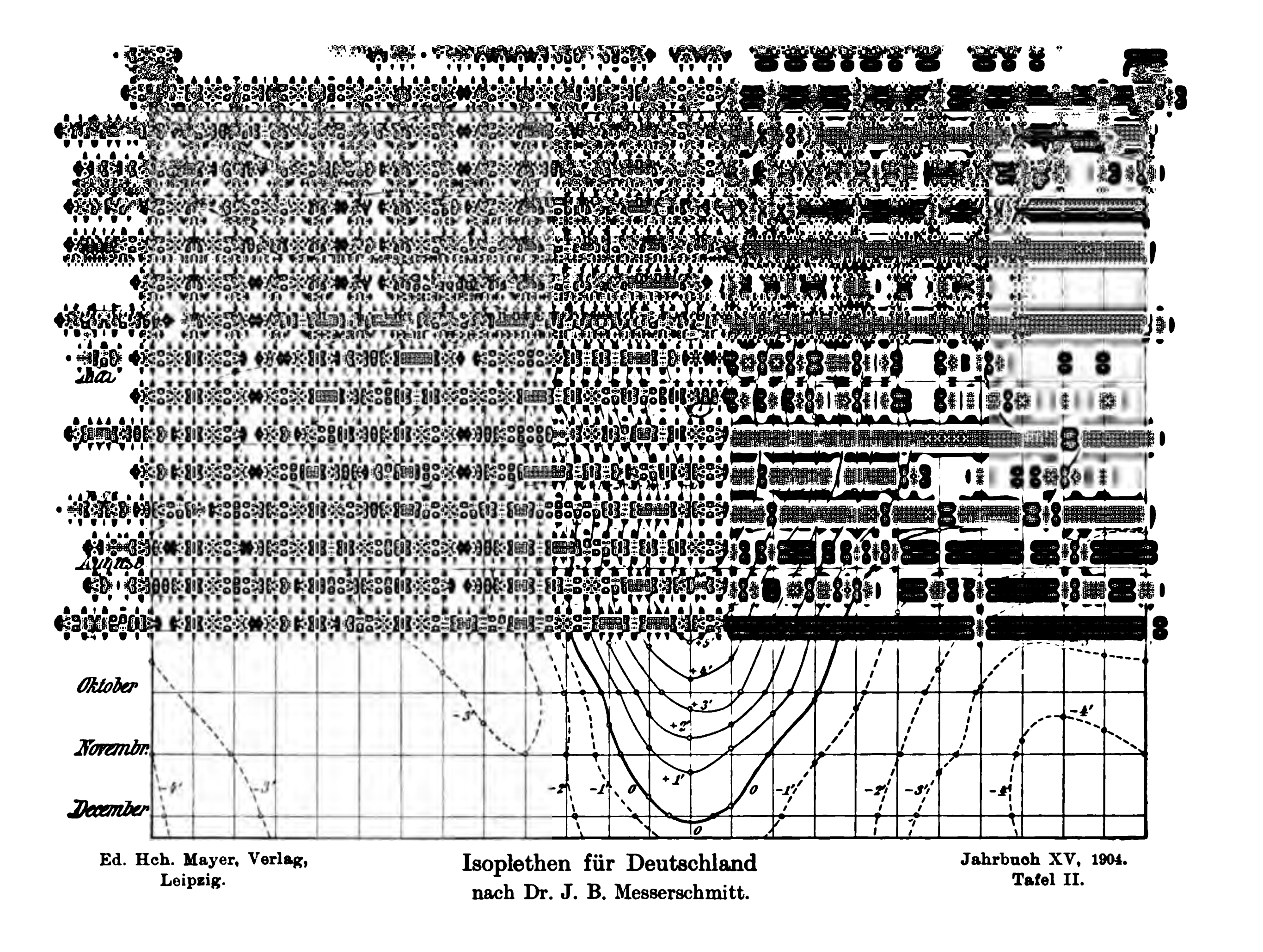
Dabei bedeutet + die westliche und — die östliche Abweichung vom Tagesmittel.

Außer diesen regelmäßigen Schwankungen erleidet aber die Deklinationsnadel noch unregelmäßige Störungen, wodurch der Charakter der Kurve und die Größe der Amplitude geändert wird. Bei einzelnen, besonders stark gestörten Tagen können Schwankungen vorkommen, die 1° übersteigen. Solche Störungen treten erfahrungsgemäß häufiger am späten Nachmittage und in den Abendstunden auf, während sie um die Mittagszeit seltener vorkommen.

Die Observatorien leiten aus ihren Beobachtungen die Jahresmittel aus den Ablesungen der stündlichen Werte aller Tage ab. Dieses gilt also für die Jahresmitte. Es ist daher wichtig, zu wissen, wie weit zu jeder Jahres- und Tageszeit die Mißweisung von diesem Mittelwerte abweicht. Darüber gibt eine Isoplethentafel (Tafel II) Aufschluß, welche nach den zehnjährigen Registrierbeobachtungen des Potsdamer Observatoriums der Jahre 1890 bis 1899 entworfen worden ist. Hierin sind als Ordinaten die Tagesstunden (mittlere Ortszeit) und als Abszissen die Tage genommen worden, und zwar bedeuten die ausgezogenen Linien jeweilen die Mitte des betreffenden Monates.

	Winter (November, Dezember, Januar, Februar)	Frühling und Herbst (März, April, September, Oktober)	Sommer (Mai bis August)
Mitternacht	— 1'	— 1'	— 1'
2 a. m.	— 0.5	— 1	— 1
4 a. m.	0	— 1	— 1.5
6 a. m.	0	— 1	— 3
8 a. m.	— 0.5	— 2.5	— 3.5
10 a. m.	+ 0.5	— 1	0
Mittag	+ 2	+ 3.5	+ 4
2 p. m.	+ 2	+ 4	+ 5
4 p. m.	+ 0.5	+ 2	+ 2.5
6 p. m.	0	0	0
8 p. m.	— 1	— 0.5	0
10 p. m.	— 1·5	— 1	— 0.5
Mitternacht	— 1	— 1	— 1

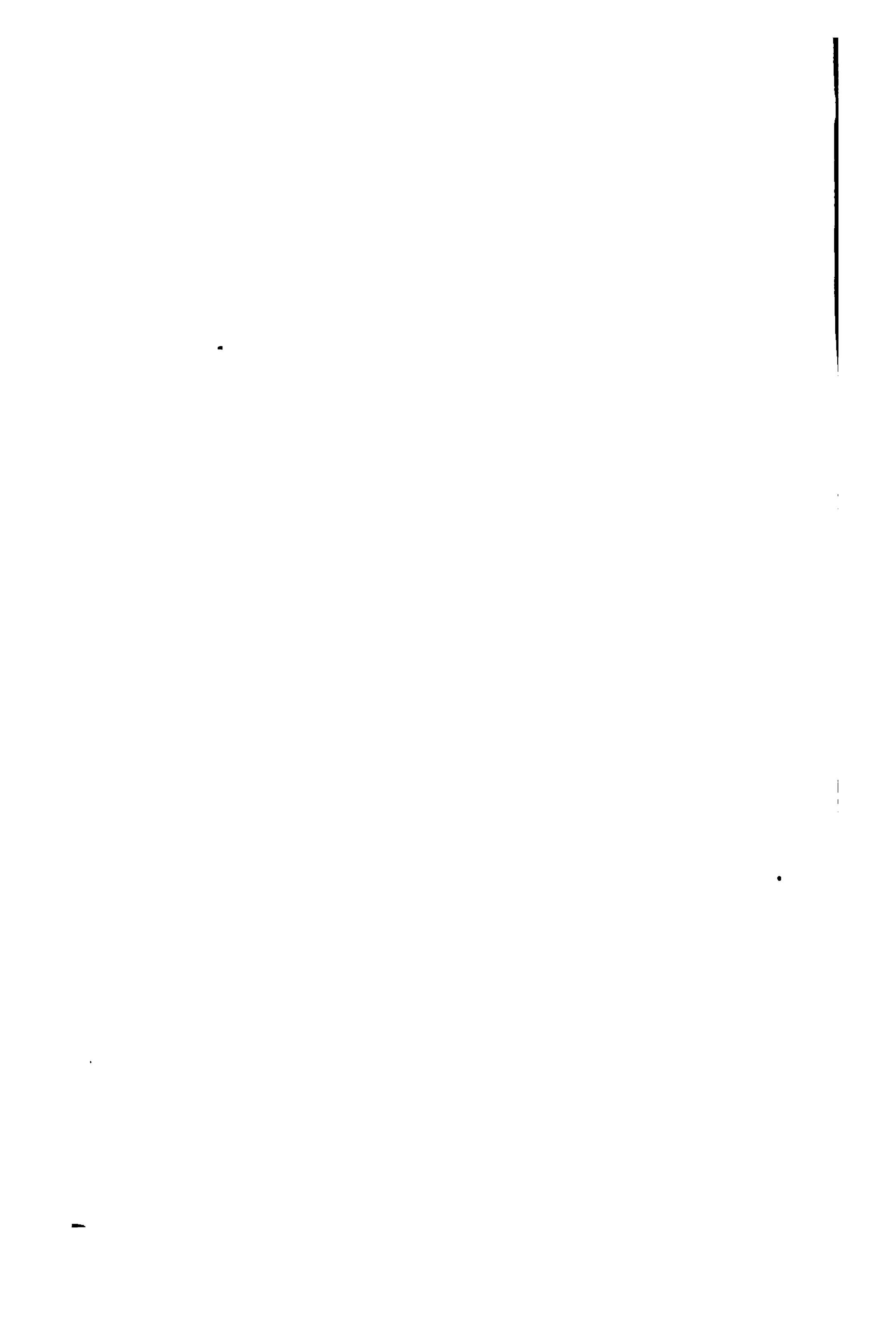
Die Kurven stellen also den täglichen Gang, behaftet mit der säkularen Änderung, dar. Da in unsern Gegenden die westliche Deklination jährlich abnimmt, so ist die beobachtete Mißweisung am Anfange des Jahres durchschnittlich größer und am Ende des Jahres kleiner als der Mittelwert. Liest man die Tafel von links nach rechts in horizontaler Richtung, so erhält man die täglichen Schwankungen, von oben nach unten die Schwankungen der Magnetnadel zur selben Stunde in den verschiedenen Jahreszeiten. In bezug auf das tägliche Maximum um 1 Uhr nachmittags herrscht eine gewisse Symmetrie,



Ed. Hch. Mayer, Verlag,
Leipzig.

Isoplethen für Deutschland
nach Dr. J. B. Messerschmitt.

Jahrbuch XV, 1904.
Tafel II.



doch drängen sich die Kurven am Vormittage enger zusammen als am Nachmittage. In dieser Beziehung ist eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Verlaufe der täglichen Temperaturschwankungen nicht zu verkennen. Die geringsten Änderungen finden in den Nachtstunden statt, also zu einer Zeit, wo im allgemeinen die Praxis den wenigsten Vorteil davon hat; außerdem hat die kalte Jahreszeit den Vorzug vor der warmen.

Für die meisten praktischen Zwecke dürfte die Tafel, die genügend genau in ganz Deutschland und auch in Österreich und in der Schweiz gilt, ausreichen. In denjenigen Fällen jedoch, wo es ausnahmsweise auf einen besondern Genauigkeitsgrad ankäme, mußte schon auf die registrierenden Beobachtungen der magnetischen Observatorien zurückgegriffen werden.

Die Verteilung der erdmagnetischen Kraft im Pariser Becken. Th. Moureaux hat[1]) hat diese aus den Beobachtungen an 130 Stationen, die sich über zwölf Departements verteilen, rechnerisch abgeleitet und in Karten niedergelegt. Die Karte der Deklination D zeigt, daß alle Abweichungen positiv im Osten und negativ im Westen von einer Linie sind, die, von Fécamp ausgehend, sich nach Moulins im Südosten wendet und den geographischen Meridian unter 30° schneidet. Auf dieser Linie selbst sind die Abweichungen Null, Beobachtung und Rechnung decken sich hier. Da in Frankreich die Deklination westlich ist und von Ost nach West zunimmt, erkennt man aus dem Sinne der Abweichungen, daß der Nordpol der Magnetnadel nach der bezüglichen Linie angezogen wird. Die störende Kraft äußert sich also auf dieser Anziehungslinie an einem oder mehrern noch zu bestimmenden Punkten.

Die Abweichungen der Horizontalkomponente H gruppieren sich gleichfalls nach ihrem Vorzeichen in bestimmte Zonen. Die positiven Abweichungen bilden drei Zonen, zwischen denen solche mit negativen Abweichungen gelegen sind. Alle drei können durch geschlossene Kurven umgrenzt werden, auf denen die Abweichungen Null sind, und welche die für D bestimmte Anziehungslinie an zwei Punkten schneiden. Diese Punkte haben, da normal H von Süden nach Norden abnimmt, im Süden der positiven Zone eine andere Bedeutung als im Norden; der nördliche Schnittpunkt ist ein Anziehungspunkt, an dem das Zentrum der Anomalie liegen muß; und da dieses Zentrum auf der Anziehungslinie für D sich befindet, so bilden diese Schnittpunkte der Nordgrenze der drei Zonen mit positiver Abweichung von H ebenso viele Zentren der Anomalie, deren ungefähre Lagen in der Nähe von Rouen, an der Grenze zwischen den Departements Eure und Seine-et-Oise und zwischen Sancerre und Aubigny angegeben werden.

Die Karte der Abweichungen der Vertikalkomponente Z bestätigt diese Hypothese. Nimmt man an, daß im Innern der Erde eine An-

---

[1]) Compt. rend. 137. p. 918.

ziehungskraft unterhalb eines jeden dieser Punkte wirkt, so müssen an diesen Punkten die größten positiven Abweichungen von Z beobachtet werden, und in der Tat gruppieren sich die Abweichungen zu Zonen um diese Anziehungspunkte. Wenn die Beobachtungen hiermit nur für Rouen ziemlich übereinstimmen und nicht auch für die beiden andern Zonen, so ist zu beachten, daß hier von Punkten die Rede war, während es sich in der Wirklichkeit um mehr oder weniger ausgedehnte Gebiete handeln wird, deren genaue Feststellung erst durch weitere Beobachtungen möglich sein wird. Die Schlüsse, die man aus der Vergleichung der drei Elemente D, H und Z ziehen kann, werden bestätigt durch die Diskussion der Beobachtungen über die Gesamtkraft, deren Abweichungen sich ziemlich so wie die der Vertikalkomponente verteilen.

„Nimmt man an,“ sagt Moureaux, „daß die Anomalie des Pariser Beckens der Wirkung magnetischer Gesteine zugeschrieben werden kann, dann würde die obere Grenze der störenden Masse sich als das Relief eines Gebirges darstellen, das bedeckt ist durch rezentere Erdschichten, mit Gipfeln und Rücken an den Punkten oder den Zonen, welche durch die Betrachtung der Anomalien der magnetischen Elemente als Anziehungszentren bezeichnet worden sind.“

Die Änderung des horizontalen erdmagnetischen Feldes mit der Höhe über dem Meeresspiegel ist von A. Pochettino untersucht worden.[1]) Nach der Gaußschen Theorie, welche die Ursache des Erdmagnetismus im Innern des Erdkörpers voraussetzt, läßt sich die Abnahme der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus berechnen, aber der Vergleich der Rechnung mit einigen Messungen ergab die wirkliche Abnahme bedeutend größer als die theoretisch berechnete. Nach einigen frühern Versuchen an weniger geeigneter Stelle hat nun Pochettino im Oktober 1902 in den Grajischen Alpen an zwei nicht weit voneinander entfernten, aber in Höhe um 2500 *m* verschiedenen Punkten genaue Messungen ausgeführt. Dieselben ergaben im Mittel für den Gradienten der Horizontalkomponente mit der Höhe etwa 0.0004 C. G. S. pro 1000 *m*, ein Wert, der mit dem früher gefundenen ziemlich gut übereinstimmt. Somit ist erwiesen, daß die Horizontalkomponente abnimmt mit der Erhebung der Beobachtungsstation über den Meeresspiegel. Der gefundene Wert ist aber kleiner als der früher von Kreil (0.001 47), größer als der von Liznar (0.0003 bei einer Niveaudifferenz von 400 *m*) und der von Sella (0.0002, unter der Einwirkung magnetischer Gesteine) gemessene.

Die Abhängigkeit des täglichen Ganges der erdmagnetischen Elemente in Batavia vom Sonnenfleckenstande ist von Prof. J. Liznar nachgewiesen worden.[2])

---

[1]) Rendiconti R. Accad. dei Lincei [5] 13. p. 96.
[2]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 194.

Auf Grundlage des am magnetisch-meteorologischen Observatorium in Batavia gewonnenen 16-jährigen Beobachtungsmateriales hat er die Änderung des täglichen Ganges der drei Komponenten mit dem Fleckenstande der Sonne sowohl im Jahresmittel als auch in den einzelnen Monaten untersucht. Es hat zwar Prof. Ad. Schmidt schon vor 16 Jahren eine diesbezügliche Untersuchung veröffentlicht; allein da er hierbei nur 7½-jährige Beobachtungen von Wien und 4½-jährige von Batavia verwenden konnte, so schien es angezeigt, das jetzt vorhandene reichhaltigere Beobachtungsmaterial zu diesem Zwecke zu verwenden. Da die Publikation des obengenannten Observatoriums auch die Amplituden und Phasenwinkel der ersten zwei Glieder der Besselschen Formel enthält, so hat Liznar diese Größen als Funktionen der Sonnenfleckenrelativzahlen ausgedrückt. Dabei ergab sich, daß sie nicht einfach proportional der Relativzahl gesetzt werden können, sondern daß diese Abhängigkeit etwas komplizierter ist.

Durch diese Arbeit werden die von Ad. Schmidt gewonnenen Resultate vollinhaltlich bestätigt, und es wird gezeigt, daß mit wachsender Fleckenzahl nicht nur die Amplituden, sondern auch die Phasenwinkel geändert werden (die letztern werden kleiner). Aus diesem Grunde ist der zu verschiedenen Zeiten an einem und demselben Orte oder auch an verschiedenen Punkten ermittelte tägliche Gang nur dann vergleichbar, wenn er auf eine bestimmte Periode reduziert werden kann, was auf dem in der Abhandlung gegebenen Wege leicht durchzuführen ist.

Das sehr wichtige Ergebnis, daß bei größerm Fleckenstande die den täglichen Gang hervorbringende Ursache nicht einfach eine Verstärkung erfährt, sondern daß einer stärkern Fleckenfrequenz ein eigener täglicher Gang entspricht, ein Resultat, das auch Ad. Schmidt gefunden und betont hat, gab dem Verfasser Veranlassung, diesen Gang für das Jahr 1893, in welchem die Relativzahl den größten Wert während der ganzen Beobachtungsreihe (1884 bis 1899) erreicht hat, zu berechnen.

Eine eingehendere Diskussion der gewonnenen Ergebnisse scheint erst dann angezeigt, wenn auch für andere Orte ähnliche Untersuchungen vorliegen werden.

Die großen magnetischen Störungen Ende Oktober 1903. Am 31. Oktober traten in ganz Mitteleuropa ungemein starke und lange dauernde Störungen des Telegraphenbetriebes infolge des Auftretens von elektrischen Erdströmen ein, gleichzeitig mit Störungen der elektromagnetischen Instrumente und dem Auftreten von Nordlichtern. Die Störungen im Telegraphenbetriebe begannen schon um Mittag und waren gegen 4 Uhr nachmittags so stark, daß der Betrieb auf allen längern Telegraphenlinien eine Zeitlang völlig unterbrochen war. Die Richtung der störenden Erdströme war anfangs nordsüdlich, später südwestlich-nordöstlich, und sie verschwanden

gegen 9 Uhr abends. Solche Erdströme sind schon früher beobachtet worden. Der erste, welcher sich mit der Untersuchung derselben beschäftigte, scheint George Airy in Greenwich gewesen zu sein. Er entdeckte in Drähten, die er in verschiedenen Richtungen in der Nähe des Observatoriums anbrachte, das Vorhandensein solcher Strömungen, die bald in dieser, bald in jener Richtung fortschritten. Es ist nun leicht zu verstehen, daß in einem Telephon- oder Telegraphendrahte, der von diesen Erdströmungen durchflossen wird, dadurch die Telegramme mit Leichtigkeit überwältigt werden können, also die telegraphischen Zeichen ausbleiben oder unverständlich werden.

Die erdmagnetischen Störungen begannen auf dem erdmagnetischen Observatorium zu Potsdam am 31. Oktober 7 Uhr (M. E. Zeit) morgens und dauerten bis in die Nachtstunden. Es waren die stärksten Störungen, die am erdmagnetischen Observatorium zu Potsdam seit seiner Errichtung vor 14 Jahren beobachtet worden sind. Die Schwankung der frei aufgehängten Magnetnadel überstieg den für mittlere Breiten unerhörten Betrag von 3° und erreichte oft in wenigen Minuten das Mehrfache des Wertes, den sie bei der gewöhnlichen, regelmäßigen Bewegung der Nadel im Laufe des ganzen Tages aufweist. Um die Bedeutung dieser Tatsache recht zu würdigen, muß man bedenken, daß es sich bei derartigen magnetischen Stürmen oft, besonders bei solchen ungewöhnlich starken, fast stets um Vorgänge handelt, die im gleichen Augenblicke überall einsetzen und den ganzen Erdball beeinflussen. Solches zeigt sich auch im Auftreten von Polarlichtern, die fast immer mit erdmagnetischen Störungen zusammen sichtbar werden. Auch am 31. Oktober zeigte sich abends ein Nordlicht, das freilich wegen der ungünstigen Witterung nur an wenigen Orten gesehen worden ist. Ein kenntnisreicher Beobachter, Herr Jakob Meller in Osterath, sah die Erscheinung trotz des Mondlichtes sofort nach Dunkelwerden und beobachtete sie über eine Stunde lang. Die Strahlen des Nordlichtes reichten nach seinen Angaben fast bis zum Scheitelpunkte.

Zugleich mit diesen Störungen haben gewaltige Vorgänge auf der Sonne stattgefunden, indem eine sehr große Gruppe von Flecken sich entwickelt hat. Denning in Bristol schätzt ihre Ausdehnung auf mehr als 70 000 engl. Meilen. Ein einzelner großer Fleck stand am 31. Oktober nahe auf der Mitte der Sonnenscheibe. Schon in frühern Jahren ist das Auftreten starker Erdströme und überhaupt elektromagnetischer Störungen gleichzeitig mit dem Sichtbarwerden großer Sonnenflecke festgestellt worden. Ein Parallelismus in der Intensität gewisser magnetischer Schwankungen und der Zahl der Sonnenflecke wurde schon vor Jahrzehnten von dem Züricher Astronomen Wolf nachgewiesen und hat sich bis jetzt ausnahmslos bestätigt. Prof. Oliver Lodge in Birmingham führt die Erdströme lediglich auf eine Einwirkung der Sonne zurück, wobei er die neue Theorie der Ionen und Elektronen herbeizieht. Hiernach schleudert die Sonne eine

unermeßliche Zahl kleiner Partikelchen von sich, die, wo sie die Erde nicht treffen, mit einer so großen Geschwindigkeit daran vorbeisausen, daß sie einen elektrischen Einfluß ausüben. Die Geschwindigkeit dieser Partikelchen beträgt etwa ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Einen mechanischen Effekt haben diese Partikelchen, die nur Atome sind, nicht, aber sie üben einen störenden Einfluß auf die Telegraphie und alle für Elektrizität empfindlichen Instrumente aus. Sie sind nicht im geringsten gefährlich, obgleich ihr Einfluß viel größer ist, als man früher wußte. Eine Folge dieses Vorganges ist auch das Polarlicht.

Erdbeben.

Der gegenwärtige Standpunkt der Erdbebenkunde als Wissenschaft war von A. Sieberg in einem größern Werke zur Darstellung gebracht.[1] Was die Formen der Bodenbewegung anbelangt, so werden deren nach Prof. Gerland folgende unterschieden:

1. Bradyseismische Bewegungen, bestehend in langsamen Niveauverschiebungen, durch welche Abweichungen von der normalen Lotlinie hervorgerufen werden. Sie können entstehen durch die Einwirkung der Sonnen- und Mondanziehung, Temperatur- und Barometerschwankungen und Bodenhebungen oder -senkungen, sind aber nur an sehr feinen Instrumenten nachweisbar.

2. Tachyseismische Bewegungen. Dieselben zerfallen in

a) mikroseismische, nur an Instrumenten erkennbare Störungen, deren Ursache Wind, Luftdruckänderungen, Meereswellen, menschlicher Verkehr usw. sein können. Auch gehen sie stärkern Erdbeben voraus und können anderseits durch entfernte Erdbeben hervorgerufen werden, deren Wellen sich durch und über die Erde ausbreiten.

b) makroseismische Bewegungen, wozu alle unmittelbar (ohne Instrumente) wahrnehmbaren Erdbewegungen gehören. Sie gehen allerseits von einem Punkte an der Erdoberfläche aus, den man Epizentrum nennt, und die sie bildende Bewegung der Erdoberfläche setzt sich aus einer vertikalen und horizontalen Komponente zusammen. Die erstere ist am stärksten unmittelbar im Epizentrum und dessen nächster Umgebung, wo sie sich als Stoß (sukkussorische Bewegung) fühlbar macht, und nimmt von dort nach allen Seiten hin ab, während die vom Epizentrum ausgehenden Bodenwellen der Oberfläche (die undulatorischen Bewegungen) an Wahrnehmbarkeit zunehmen. Letztere bestehen indessen, wie erwähnt, in Elastizitätsschwingungen. Rotatorische Bewegungen des Bodens, an die noch A. v. Humboldt glaubte, gibt es nicht.

Die Bodenerschütterungen, welche man als Erdbeben bezeichnet, haben ihren Ausgangspunkt im Innern unseres Planeten, und sie rufen makroseismische Bewegungen an der Oberfläche hervor, die in gewissen Gegenden häufiger sind als in andern. Sieberg gibt nach den Zusammenstellungen von F. de Montessus de Ballore folgende Tabelle (S. 150) der Schüttertätigkeit der ganzen Erdoberfläche.

Was die einzelnen Schüttergebiete anbelangt, so ist bezüglich Europas folgendes zu bemerken:

Deutschland hat häufige Erdbeben, aber dieselben sind, soweit die Geschichte reicht, stets schwach gewesen; Katastrophen haben hier niemals statt-

[1] Handbuch der Erdbebenkunde von A. Sieberg. Braunschweig 1904.

gefunden. Die norddeutsche Tiefebene ist praktisch erdbebenfrei, während die sächsisch-böhmische Tafel und ihre Umrandungen, besonders das Vogtland, wohl die seismisch regsamste Gegend von Mitteleuropa bezeichnet.

Stark seismisch erregt ist das ganze Rheintal, besonders die Gegend von Herzogenrath (im Steinkohlengebiete bei Aachen) und die von Groß-Gerau (in Hessen).

Griechenland wird überaus häufig von Erdbeben heimgesucht, davon besonders die Ionischen Inseln.

Italien ist nächst Griechenland das erdbebenreichste Gebiet Europas. „Am größten," sagt Sieberg, „ist die seismische Unruhe auf den Haupthöhenzügen des Apennins; die Hauptschüttergebiete decken sich mit dem ligurisch-etrurischen, dem römischen Apennin, dem Gran Sasso-Majella-Mateseestock und gehen von letzterm, Apulien beiseite lassend, nach Kalabrien und Sizilien. Zwischen der Ost- und Westseite der Halbinsel bestehen beträchtliche Gegensätze; erstere ist das bewegtere, dagegen die westliche trotz der Vulkane das

	Zahl der seismisch tätigen Gebiete	Zahl der als Epizentrum bekannten Orte	Zahl der bekannten Erdbeben überhaupt	Mittlere jährliche Häufigkeit ermittelt durch		
				gelegentliche Beobachtungen	systematische Beobachtungen	instrumentelle Messungen
Polargebiete	3	36	149	5.56	—	—
Europa	177	5008	61 717	84.62	731.54	1206.34
Asien	102	2426	27 562	101.82	631.83	—
Afrika	38	382	2 855	69.28	—	—
Nordamerika	54	1271	16 598	67.43	279.67	217.77
Südamerika	23	310	8 081	21.16	143.64	—
Inseln des Stillen Ozeans (Ozeanien)	54	1066	14 330	0.45	268.83	—
Insgesamt .	451	10499	131 292	350.32	2055.51	1424.11
				3829.94		

ruhigere, ja stellenweise ganz verschonte Gebiet. Überhaupt zieht sich zwischen den vorbesprochenen primären Gebieten fast durch das ganze Land hin ein ununterbrochenes sekundäres Gebiet."

Die Schweiz wird häufig erschüttert, namentlich die großen Längstäler von Wallis und Engadin, ferner das Rhone-, Oberinn- und Etschtal.

Österreich-Ungarn hat bemerkenswerte Schüttergebiete in den Alpenländern und im Karst.

Frankreich. Hier sind es vorzugsweise die Seealpen, dann die westlichen Teile der Pyrenäen, hierauf die Gebiete zwischen Alpen und Rhone, die oft erschüttert werden.

Großbritannien ist nicht selten von Erdbeben betroffen worden, doch waren dieselben stets unbedeutend.

Skandinavien ist ziemlich erdbebenreich, in Norwegen besonders die Gegend der Lofoten. Sehr oft erschüttert wird die Insel Island.

Rußland, Belgien, Holland sind arm an Erdbeben. Nur im südöstlichen Grenzgebiete Belgiens kommen solche häufiger vor.

Was die fremden Erdteile anbelangt, so sind dieselben bezüglich ihrer Seismizität natürlich weniger durchforscht als Europa. Neben zahlreichen Einzelheiten gibt Sieberg folgende allgemeine Charakteristik derselben:

Asien. „Am häufigsten sind die Erdbeben im Westen, d. h. in Kleinasien und der Gegend südlich vom Kaspisee. Ferner werden oft erschüttert die Arabische Halbinsel, das Quellenland des Ganges und Kabul, ebenso das Gebiet zwischen dem obern Indus und Ganges, die Westküste von Vorder- und Hinterindien und die vulkanischen Inseln (Ozeanien) von Java bis nach Neuguinea hin.

Kein Land der Erde ist aber so häufig Erdbeben ausgesetzt als Japan. Schwächere Erdstöße sind dort an der Tagesordnung und werden kaum beachtet; aber in verhältnismäßig kurzen Zwischenzeiten brechen Katastrophen der schrecklichsten Art herein. Für die unglaublich große Bebenhäufigkeit dieses Inselreiches spricht beredt der Umstand, daß die dortige Geschichte seit dem Jahre 415 n. Chr. nicht weniger als 223 verwüstende Erdbeben mitteilt; in der neuern Zeit haben 26 Stationen (die älteste besteht seit 27, die jüngste seit 3 Jahren) insgesamt 18 279 seismische Beobachtungen geliefert, und allein in der Hauptstadt Tokyo zählte man während der letzten 24 Jahre 2173 Beben, d. h. jeden vierten Tag eins, während der mittlere Jahresdurchschnitt für das gesamte Inselreich 605 Erdbeben beträgt.

Afrika. Als Erdbebengegenden sind nur bekannt die Küstengebiete des Mittelmeeres, Ägypten, Abessinien, namentlich die Gebiete Nyassa — Tanganjika — Albertsee, ferner in sehr geringem Maße das Kapland, die Guineaküste und endlich die Inselwelt, namentlich die Azoren und Kanaren. Überhaupt sind von dem ganzen afrikanischen Kontinente, abgesehen von den Berberstaaten, nur 195 Erdbeben bekannt geworden, welche sich auf 64 Ortschaften verteilen; dies wird wohl auch zum Teile seinen Grund darin haben, daß der größte Teil Innerafrikas noch zu wenig und noch nicht lange genug bekannt ist. Weiterhin entfallen auf die Berberstaaten 915 Beben an 135 Orten, die Inseln des Atlantischen Ozeanes (Azoren allein 1444 an zwölf Orten) insgesamt 1704 Beben an 162 Orten, die Inselwelt des Indischen Ozeanes 57 Beben an 29 Orten.

Nordamerika. Hier sind namentlich das Mississippi- und Ohiotal, sowie Kalifornien die bekanntesten Schüttergebiete.

Südamerika ist am reichsten mit Erdbeben bedacht, vor allem die Nordküste von Caracas, ferner Peru, Chile und die ganze Andenkette; einige der dortigen Erdbeben spielen in der Erdbebenliteratur wegen ihrer unheilvollen Wirkungen eine hervorragende Rolle.

Australien und Polynesien. Das Festland ist von Erdbeben ziemlich verschont. Zahlreich sind sie dagegen auf den Inseln des Stillen Ozeanes, welche fast sämtlich vulkanischen Ursprung haben; besonders Neuseeland, ferner die Sandwich- und Freundschaftsinseln, die nördlichen Marianen, der Bismarckarchipel und Neuguinea sind durch große Bebenhäufigkeit ausgezeichnet, die sich auf eine Fläche von etwa 1 Million Quadratmeilen erstreckt. Aufzeichnungen besitzt man von etwa 1840 Erdbeben, welche von 81 über sieben verschiedene Gebiete zerstreuten Ortschaften zur Beobachtung gelangten.

Über die Erdbebenverhältnisse in den Polargegenden ist nichts Näheres bekannt.

Die Einteilung der Erdbeben in verschiedene Klassen hängt aufs engste mit den Vorstellungen zusammen, die man sich von der Entstehungweise derselben machte.

Gegenwärtig unterscheidet man: Vulkanische Beben, Einsturzbeben und tektonische Erdbeben und gibt damit gleichzeitig Vorstellungen von der Entstehungsweise derselben, wobei aber nicht zu vergessen ist, daß diese Deutungen in jedem Falle hypothetisch sind, da es nicht möglich ist, direkt bis zum Herde der Erscheinung vorzudringen.

Die vulkanischen Erdbeben tragen stets einen örtlichen Charakter; das Gebiet, auf dem sie sich fühlbar machen, ist immer beschränkt. Häufig bilden sie die Vorzeichen des Wiederauflebens der Tätigkeit eines Vulkanes, doch kommen sie auch in der Umgebung längst erloschener Vulkane vor.

Die Einsturzbeben entstehen durch Zusammenbruch unterirdischer Hohlräume, vor allem solcher, die vom Wasser ausgewaschen wurden. Solche Höhlen entstehen dort, wo Kalk-, Gips- oder Steinsalzlager vom Wasser fortgeführt wurden. Die durch den Zusammenbruch solcher Höhlen entstehenden Bodenerschütterungen sind natürlich ebenfalls sehr örtliche Erscheinungen, können aber unter Umständen doch heftig auftreten.

Die tektonischen Erdbeben (Dislokationsbeben) zeichnen sich aus durch ein großes Schüttergebiet, lange Zeitdauer und Gebundensein an bestimmte Linien. Man nimmt an, daß sie durch Lagenänderungen von Teilen der festen Erdrinde hervorgerufen werden (Faltungen, Verschiebungen und Verwerfungen, Senkungen usw.), welche die Folge von Auslösungen der Spannungszustände der Erdkruste sind.

Gegenden, in denen Erdbeben häufig zuerst auftreten, nennt man habituelle Stoßgebiete, und in diesen kommen weiter habituelle Stoß- und Schütterlinien vor. Diese sind dann oftmals noch von untergeordneten Nebenstoßlinien mehr oder weniger senkrecht durchquert.

Die von Perrey, Sueß und Hoernes aufgestellte Behauptung, daß in manchen seismisch sehr unruhigen Gegenden das Epizentrum der Beben die Tendenz zeige, im Laufe der Zeit nach einer bestimmten Richtung fortzuschreiten, ist zu wenig sicher begründet, um sich mit einer Deutung derselben abzugeben.

Bisweilen kommen außerhalb des Gebietes eines Hauptbebens gleichzeitig mit diesem sekundäre Erschütterungen vor. Man bezeichnet diese als Relais- oder Simultanbeben. Wan kann annehmen, daß sie durch die Hauptbeben ursächlich ausgelöst wurden.

Der Erdbebenherd (das Hypozentrum) ist uns stets unzugänglich, und was darüber bis jetzt behauptet wird, völlig hypothetisch. Selbst die am nächsten liegende Frage nach der Tiefe, in welcher sich dieser Herd befindet, ist noch keineswegs befriedigend gelöst. Auch über die Gestalt des Herdes weiß man nichts Zuverlässiges. Man nahm ihn meist einfach als Punkt an, in Wirklichkeit ist er aber wohl eine Fläche im Erdinnern (eine Dislokationsfläche im Sinne von Sueß). J. Milne hat die Epizentren der großen Erdbeben, welche in den Jahren 1899 bis 1901 vorkamen, bestimmt und zu zwölf Gruppen vereinigt, von denen fünf auf dem Ozeane, sechs teils auf dem Ozeane, teils auf dem Festlande und eine ausschließlich auf dem Festlande liegt. Letztere erstreckt sich über das Gebiet Alpen-Balkan-Kaukasus-Himalaya. Die ganze Gruppierung ist natürlich sehr hypothetisch und keineswegs frei von Willkürlichkeit.

Die Fortpflanzung der Bodenbewegung geschieht vom Sitze des Herdes in allseitig wachsenden Kugelwellen mit meßbarer Geschwindigkeit, bis die Bewegungsenergie im Innern oder an der Oberfläche der Erde durch Reibung und Stoß in Wärme umgewandelt ist. „Jeder Punkt des Erdinnern dient, solange er bewegt wird, als Durchgangspunkt der wandernden Energie und leitet dieselbe in derjenigen Richtung fort, in welcher die Welle vorwärts schreitet; somit wird er zu einem selbständigen Zentrum, von welchem aus sich sein Energieanteil allseitig ausbreitet, und die Gesamtwelle besteht aus dem Zusammenwirken der unendlich vielen Elementarwellen (Huygenssches Prinzip)."

Derjenige Punkt der Erdoberfläche, an welchem die vom Herde ausgehenden kugelförmigen Erdwellen zuerst die Erdoberfläche erreichen, der also senkrecht über dem Herde liegt, ist das Epizentrum oder der Oberflächenmittelpunkt des Bebens. Hier macht sich letzteres meist als sukkussorische Bewegung bemerkbar. Während vom innern Herde des Bebens longitudinale Kugelwellen durch die Erde ausgehen, bildet das Epizentrum den Ausgangspunkt von transversalen Oberflächenwellen, die mit abnehmender Kraft sich weiter über die Erdoberfläche ausdehnen. Die auf den Wellenflächen (homoseistische Flächen) senkrechten Linien im Erdinnern nennt man Stoßstrahlen, und sie zeigen die Richtung an, nach welcher die Energie sich fortpflanzt. Der Winkel, welchen der Stoßstrahl mit der Erdoberfläche bildet, heißt Emergenz-

winkel. Die unmittelbare Umgebung des Epizentrums an der Erdoberfläche bildet das primäre Schüttergebiet, und dieses wird bis in eine gewisse Entfernung ziemlich ringförmig von dem sekundären Schüttergebiete umgeben. Direkte Bodenstöße finden nur im primären Schüttergebiete statt, während nur die von diesem ausgehenden Bewegungen im sekundären Schüttergebiete unmittelbar gefühlt werden. Außerhalb der Zone des letztern sind die Bodenschwingungen nur noch mit Hilfe von Instrumenten wahrnehmbar, und man spricht hier von Fernbeben. Die Dauer der Erdbebenstöße umfaßt selbst bei sehr starken Erschütterungen nur selten drei Sekunden, bei schwachen kaum eine Sekunde. Die längern Wellen am Schlusse einer größern Erschütterung können bis zu vier Sekunden Dauer haben, sind sie länger, so können sie unmittelbar nicht mehr wahrgenommen werden. Die Richtung der Stoßstrahlen ist, wie zuerst A. Schmidt nachgewiesen hat, keineswegs eine gerade Linie, sondern wegen der mit der Tiefe zunehmenden Dichte und Elastizität der Schichten eine krumme, nach der Tiefe hin konvexe Linie (eine Conchoide oder Muschellinie). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen nimmt infolge der erwähnten Beschaffenheit der Erdschicht nach unten hin rasch zu, nach oben hin ab. Infolgedessen bilden diese Wellen keine konzentrischen, kugelförmigen, sondern exzentrische Flächen um den innern Herd. Errichtet man in den Punkten, in welchen die Homoseisten die Erdoberfläche schneiden, senkrechte Linien, trägt auf diesen Stücke ab, deren Länge (Höhe) den Zeiten proportional ist, um welche in diesen Punkten die Erschütterung später erfolgt als im Epizentrum, und verbindet diese Endpunkte durch eine Linie, so erhält man den Hodographen des Bebens. Diese hodographische Linie spielt in den Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Herdtiefe des Erdbebens eine wichtige Rolle. Diese Linie ist im Epizentrum eine Strecke weit horizontal, steigt dann und ist nach unten konvex; an einer gewissen Stelle (dem Wendepunkte) geht die konvexe Krümmung in die entgegengesetzte (nach unten konkave) über, und die Linie steigt dann immer langsamer, bis sie zuletzt horizontal verläuft. Derjenige Stoßstrahl, welcher den Herd des Bebens (das Hypozentrum) im Erdinnern in horizontaler Linie verläßt, trifft, indem er sich gekrümmt fortbewegt, die Erdoberfläche in einem Punkte, der, wie Prof. Schmidt mathematisch nachgewiesen hat, genau senkrecht unter dem Wendepunkte der hodographischen Kurve liegt. Prof. Schmidt hat ferner gezeigt, daß das Erschütterungsgebiet an der Erdoberfläche in zwei Zonen zerfällt, nämlich einen innern Kreis, für welchen die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit vom Epizentrum aus abnimmt, und um diesen einen Ring, für welchen sie nach außen hin unbegrenzt, aber mit entsprechend abnehmender Intensität zunimmt. Der innere Kreis ist das Gebiet der direkten Stoßstrahlen, der äußere Ring ist das Gebiet der durch Brechung aus der Tiefe zurückkehrenden Erdbebenenergie. Die kleinste scheinbare Oberflächengeschwindigkeit, welche an der Grenze zwischen beiden Zonen stattfindet, ist ein Maß für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen in der dunkeln Tiefe des Hypozentrums. Je geringer die Herdtiefe ist, um so kürzer ist der nach unten konvexe Teil des Hodographen und um so kleiner gleichzeitig die innere Zone des Erschütterungsgebietes. Die Herdtiefe ist ferner stets kleiner als der Radius vom Epizentrum bis zu dem Punkte senkrecht unter dem Wendepunkte des Hodographen. In ähnlicher Weise ist es mit Hilfe des Hodographen möglich, einen Minimalwert für die Tiefe des Herdes zu ermitteln. So ergibt sich für das Sinjaner Erdbeben vom 2. Juli 1898 aus dem von A. Faidiga konstruierten Hodographen eine Herdtiefe von wenigstens 371 und höchstens 390 *km*.

Verbindet man auf einer Karte alle Orte, an denen ein Erdbeben im gleichen Augenblicke verspürt wurde, durch Linien, so erhält man ein System von Linien, welche Homoseisten genannt werden. Sie lehren unmittelbar die Ausbreitungsform des Schüttergebietes auf der Erdoberfläche kennen, und man findet, daß diese meist ziemlich kreisförmig oder elliptisch ist; nur sehr

selten erstreckt sich das erschütterte Gebiet einseitig von dem Erregungspunkte aus. Nicht immer ist das Epizentrum eine kleine Fläche, sondern bei manchen Erdbeben kommt man auf die Vorstellung von Linien, die E. Harboe als Erdbebenherdlinien bezeichnet.

Was die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbeben anbelangt, so muß man zwischen wahrer Geschwindigkeit des Stoßstrahles, um welchen die Welle in der Zeiteinheit weiterrückt, und scheinbarer Oberflächengeschwindigkeit, d. h der gegenseitigen Entfernung zweier Homoseisten pro Zeiteinheit, unterscheiden. A. Schmidt hat gezeigt, daß diese scheinbare Oberflächengeschwindigkeit mindestens gleich der Wellengeschwindigkeit im Hypozentrum und mit dieser veränderlich ist. Nach den sehr genauen Untersuchungen von A. Imamura betrug die durchschnittliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Nachbeben in Japan 1895 bis 1898 3.38 $\pm$ 0.05 *km* pro Sekunde.

Die Intensität der Erdbeben macht sich unmittelbar in der Größe der dadurch angerichteten Verheerungen, den Zerstörungen von Städten, Entstehung von Spalten, Bergstürzen usw. kund. De Rossi und Forel haben eine empirische Skala für diese Intensität aufgestellt, welche zehn Grade umfaßt, anhebend mit der mikroseismischen Bewegung als erste Stufe, während die Erschütterung von Möbeln, Anschlagen von Glocken usw. die Stufe 5 bezeichnet und Stufe 10 der Heftigkeit von Erdbeben entspricht, welche den Umsturz ganzer Städte hervorrufen. Nach den Untersuchungen von F. Omori bleibt bei leichten und schwachen Erdbeben die durchschnittliche größte Bewegung jedes Bodenteilchens unterhalb 1 *mm*. Wenn die Bewegung auf etwa 10 *mm* anwächst, wird das Beben zu einem starken, und es verursacht immerhin schon geringen Schaden. Sobald die Bewegung 5 bis 6 *cm* erreicht, beginnen die eigentlichen zerstörenden Wirkungen, welche Ziegelbauten, Kamine usw. erheblich beschädigen. Bei etwa 15 *cm* Bodenbewegung hat man es mit sehr heftigen Erdbeben zu tun.

Werden die Gegenden, welche nahezu die nämliche Intensität eines Erdbebens aufweisen, durch Linien verbunden, so heißen diese Linien Isoseisten, und das am stärksten erschütterte Gebiet wird das pleistoseistische genannt.

Die Erdbebenhäufigkeit ist nicht nur örtlich, sondern auch zeitlich für die einzelnen Regionen der Erde verschieden. Statistische Zusammenstellungen von Naumann, Kluge, Knott, Perrey und andern haben ergeben, daß die Erdbebentätigkeit in der kältern Hälfte des Jahres größer ist als in der warmen, und zwar gilt dies nicht nur für die nördliche, sondern (nach Kluge) auch für die südliche Erdhälfte. Wahrscheinlich findet auch eine tägliche Periode statt, indem die Beben etwas häufiger nachts als bei Tage auftreten. Besonders H. Credner betont, daß die sächsischen und mit ihnen die vogtländischen Erdbeben des Zeitraumes 1889 bis 1897 eine ausgesprochene tägliche Periode aufweisen, indem diese sich sowohl in ihrer Zahl, als auch in ihrer Stärke auf den Tagesabschnitt von 8 Uhr abends bis 8 Uhr morgens, und zwar namentlich auf die Zeit von Mitternacht bis früh 8 Uhr verdichten. „Wie schroff dieser Gegensatz der Bebentätigkeit zwischen Tages- und Nachtzeit war, erhellt am besten daraus, daß sich unter 36 sächsisch-böhmischen Erdbeben nicht weniger als 31 in der Zeit zwischen 8 Uhr abends und 8 Uhr morgens ereigneten, und von diesen wieder 21 in dem Zeitraume von Mitternacht bis 8 Uhr früh; von 21 vogtländischen Beben ist nur ein einziger, ganz örtlicher Stoß in der mittäglichen Hälfte des Tages erfolgt, während 20 in den nächtlichen Abschnitt fallen. Dabei gehören sämtliche stärkere und ausgedehntere Erdbeben der Nachtzeit an, wohingegen die fünf überhaupt am Tage erfolgten Erschütterungen an Stärke und Ausdehnung ganz in den Hintergrund treten. Zieht man nun noch in Betracht, daß gerade schwächere Beben durch den Schlaf der Bewohner häufig der Wahrnehmung entgehen, so liegt die Annahme nahe, daß sich auch bei nächtlich unausgesetzter Beobachtung das Verhältnis der zeitlichen Verteilung noch mehr zu ungunsten des Tages verschieben würde. Diese Perio-

dizität zu verallgemeinern oder einen Schluß auf deren Ursächlichkeit zu ziehen, hält Credner jedoch für verfrüht."

Die von Perrey und andern behauptete Einwirkung des Mondes auf die Erdbebenhäufigkeit ist von R. Hoernes und F. de Montessus de Ballore in Abrede gestellt worden, und Sieberg meint, daß sie heute in der Fachwelt wohl kaum mehr einen Anhänger finde. Gewiß tritt dieser Einfluß nicht so intensiv hervor, als Perrey behauptete, allein die exakten Prüfungen von Jul. Schmidt, welche alle andern statistischen Zusammenstellungen nach dieser Richtung hin bei weitem aufwiegen, ergaben, daß in dem Zeitraume von 1766 bis 1873 auf die Bahnhälfte der Erdnähe des Mondes 183 Erdbebentage mehr und auf die Bahnhälfte der Erdferne 180 Erdbebentage weniger entfallen als bei gleichmäßiger Verteilung der Erdbeben. Es kann sonach als erwiesen betrachtet werden, daß in der Erdnähe des Mondes die Erdbeben häufiger sind als in der Erdferne. Die Statistiker (außer Schmidt) haben stets einfach die Summe der beobachteten Erdbeben für die Zeit der Erdnähe und Erdferne des Mondes zusammengezählt, ohne die Dauer zu berücksichtigen, welche der Entfernung des Mondes von der Erde zwischen bestimmten Grenzen entspricht. Ihr Verfahren ist also unvollkommen und von J. Schmidt verbessert worden.

Die Einwirkung der Erdbeben auf die Oberfläche der Erde ist im einzelnen sehr verschieden. Es kommen vor: Spaltungen des Bodens, Rundlöcher, Sandkegel und Sandkrater (da, wo mächtige Wasserstrahlen oder Gasblasen emporsteigen), Geländeverschiebungen, Bergstürze und Bodensenkungen.

Die Erdbebenflutwellen sind nicht, wie man lange glaubte, eine Übertragung der vom Festlande ausgehenden Erdbebenenergie auf die ozeanischen Wassermassen, sondern nach den Untersuchungen von E. Rudolph lediglich Folgewirkungen untermeerischer Vulkanausbrüche.

Als Begleiterscheinungen der Erdbeben sind zu nennen:

a) Schallphänomene, deren Ausgangsort das Innere der Erde ist;

b) Licht- und Feuererscheinungen, diese doch sehr selten, und vielleicht auf das Entweichen brennbarer Gase aus Spalten zurückzuführen;

c) atmosphärische Störungen, der populären Meinung nach häufig mit Erdbeben verbunden, wissenschaftlich aber noch nicht erwiesen;

d) erdmagnetische Störungen, mechanische Bewegungen der Magnetnadel wohl unzweifelhaft, wirkliche Störungen der magnetischen Kraft noch nicht sicher erwiesen.

Seebeben entstehen, wenn der Meeresboden seismisch erschüttert wird. Prof. Rudolph kommt in dieser Beziehung zu folgenden Schlüssen:

1. Unterseeische Erdbeben und Vulkanausbrüche kommen in allen Meerestiefen vor, in der Flachsee wie in der Tiefsee, auf den unterseeischen Rücken wie in den eigentlichen Depressionen.

2. Die Häufigkeit und Stärke in der Äußerung der seismischen und eruptiven Kräfte ist nicht von der Entfernung von tätigen oder erloschenen Vulkanen abhängig.

3. Es gibt habituelle Stoßgebiete und ganz seebebenfreie Meeresteile; mit Ausnahme der letztern treten außerdem Seebeben auch vereinzelt und zerstreut in den Ozeanen auf.

Die bis jetzt behandelten Phänomene beziehen sich auf solche Erdbebenerscheinungen, welche unmittelbar wahrgenommen werden können. Ihnen schließen sich die mikroseismischen Elastizitätsschwingungen des Bodens an, die im Innern der Erde ihren Ursprung nehmen und also zu den Erdbeben gehören.

Die Bodenschwingungen, die von einem wenigstens 1000 *km* entfernten Erdbebenherde ausgehen und als Fernbeben bezeichnet werden, sind nur an Seismometern oder Erdbebenmessern nachweisbar. Jede von einem solchen Instrumente gelieferte Aufzeichnung (Diagramm) eines Erdbebens zerfällt in eine Reihe von Bewegungsgruppen oder Phasen, welche durch kurze, unregelmäßige, einige Sekunden andauernde Pausen voneinander getrennt sind.

F. Omori unterscheidet dabei eine Vorstörung, Hauptstörung und Endstörung. Diese Bewegungen sind horizontal, es existieren aber auch Vertikalbewegungen bei Fernbeben in mehrern Phasen.

Die Wellen der Vorstörung werden für longitudinale Schwankungen gehalten, welche sich durch das Innere der Erde fortpflanzen, und diese Ansicht ist wohl zweifellos richtig. Die Wellen der Hauptstörung sind dagegen, wie man glaubt, transversale Oberflächenwellen (Neigungen) gleich oder ähnlich den Meereswellen, während Omori und Schlüter glauben, daß es sich um Translationsschwingungen der Erdoberfläche handle. Die Längen der Fernbebenwellen sind jedenfalls sehr beträchtlich und betragen 50 bis 200 *km*, so daß sie also durch die Bodenbeschaffenheit nicht beeinflußt werden. Im allgemeinen nimmt mit wachsendem Abstande des Beobachtungsortes eines Fernbebens vom Epizentrum die Dauer der ganzen Vorstörung zu. Die von einem Epizentrum ausgehenden Wellen eines Fernbebens können einen entfernten Beobachtungspunkt, von dem wir annehmen wollen, daß er westlich liegt, nicht nur auf dem nächsten Wege nach Westen erreichen, sondern auch, indem sie ostwärts den ganzen Erdball umkreisen, also die Antipoden passieren. F. Omori hat gefunden, daß im Mittel aus mehrern Fernbeben diese Wellen eine größte Amplitude von 0.12 *mm*, eine durchschnittliche Periode von 20.4 Sekunden und eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 3.7 *km* in der Sekunde besitzen. Anderseits können die Wellen, nachdem sie die Beobachtungsstation passiert haben, weiterschreitend den Erdball umkreisen und nochmals diese Beobachtungsstation erreichen. Auch dieser Fall ist beobachtet worden, und Omori hat gefunden, daß die Amplitude dieser Welle dann außerordentlich klein ist, ihre Periode etwa 19.4 Sekunden, und ihre Geschwindigkeit 3.4 *km* pro Sekunde beträgt. Diese Bestimmungen sind naturgemäß sehr unsicher, jedenfalls sind aber die Geschwindigkeiten der Wellen in beiden Fällen nicht wesentlich voneinander verschieden.

Außer den bis jetzt besprochenen mikroseismischen Bodenbewegungen gibt es noch andere, deren Entstehungsursache wahrscheinlich außerhalb des Erdballes liegt. Zu ihnen gehören die elastischen Schwingungen der Erdrinde, welche E. Rudolph mit dem Namen mikroseismische Unruhe belegt hat. Sie zerfallen in Pulsationen, wenn sie in Periode und Schwingungsamplitude regelmäßig auftreten, und in pulsatorische Oszillationen, wenn sie in diesen Beziehungen unregelmäßig sind. Diese letztern sind im Winter häufiger und stärker als in der warmen Jahreszeit, auch zeigen sie eine tägliche Periode mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden und einem Maximum in den ersten Nachmittagsstunden. Diese tägliche Periode ist im Sommer am deutlichsten, im Winter am wenigsten klar entwickelt. Als Ursache der pulsatorischen Oszillationen nimmt man Bewegungen in der Atmosphäre an, Luftdruckwellen und Winde. Es ist durch die Beobachtung an sehr empfindlichen registrierenden Seismometern nachgewiesen, daß lebhafte örtliche Winde den Boden in Hin- und Herschwingungen versetzen, die unter Umständen selbst noch in 25 *m* Tiefe nicht auf Null herabgebracht sind. Luftdruckänderungen erzeugen eine als Pendelunruhe bezeichnete Bodenbewegung, die von jener des Windes völlig verschieden ist. Nach Mazelle zeigt dieselbe in Triest eine jährliche Periode mit einem Maximum zwischen 9 und 10 Uhr morgens und einem Minimum zwischen 9 und 10 Uhr abends.

Die Pulsationen zeigen sich in den vom Seismometer verzeichneten Kurven in Gestalt von feinen Zahnungen der Linien. Auch beim Auftreten größerer seismischer Störungen behalten die Pulsationen ungestört ihren Verlauf. Zeitlich treten sie ohne bestimmte Regelmäßigkeit auf; wenn sie wahrnehmbar sind, haben sie besonders nach Mitternacht ein Maximum, gehen aber tagsüber zurück. Über die Ursache derselben weiß man nichts Sicheres. Ehlert glaubt an einen Zusammenhang derselben mit der Mondstellung.

Die Zerlegung der Seismometerkurven durch Anwendung eines mathematischen Verfahrens, welches unter dem Namen der harmonischen Analyse

bekannt ist, hat schließlich noch auf das Vorhandensein von langsamen, periodischen Bewegungen der Erdoberfläche geführt, die man Lotschwankungen nennt und bildlich mit dem rhythmischen Heben und Senken der atmenden Brust vergleichen kann, mit dem Unterschiede jedoch, daß gleichzeitig mehrere solcher Atmungsvorgänge erfolgen, die verschieden sind an Zeitdauer und Stärke. „Diese sogenannten „bradyseismischen“ Bewegungen bestehen in Niveauverschiebungen, durch welche langsame „Abweichungen der Lotlinie“ hervorgerufen werden; sie lassen sich trennen in Bewegungen von der Periode des Sonnentages, ferner in solche von der Periode des Mondtages, und zwar ganztägige und halbtägige, sowie schließlich in „Nullpunktsbewegungen“. Charakteristisch für alle diese Bewegungsgruppen ist, daß sie, weil nicht aus Elastizitätsschwingungen bestehend, niemals die Pendel des Seismometers in Schwingungen versetzen.“

Solche kleine Lotschwankungen sind wohl zuerst 1863 von d'Abbadie bemerkt worden. Die normale Straßburger Seismometerkurve zeigt fast stets eine flache Welle mit einer dem Sonnentage entsprechenden Periode und einer bis zu 5 *mm* anwachsenden Amplitude. „Das west-östlich gerichtete Pendel steht etwa um 7 Uhr morgens am weitesten nach Süden von der Ruhelage abgelenkt, abends gegen 6 Uhr am weitesten nach Norden; nach dem Winter zu tritt eine Verspätung des Eintrittes der nördlichsten Lage deutlich hervor, während die Südlage im allgemeinen gleich bleibt.

Die Ursache dieser Sonnentagperiode ist noch unbekannt. Dagegen gibt es zwei Lotschwankungen, von denen die eine die Periode eines ganzen, die andere die eines halben Mondtages umfaßt. Die halbtägige Mondwelle entspringt offenbar den Gezeiten des festen Erdballes, der sich der Mondanziehung gegenüber wie ein elastischer Körper verhält, und wahrscheinlich hat auch die ganztägige Welle den nämlichen Ursprung. Nach der Berechnung von Rebeur-Paschwitz ergibt sich infolge des Einflusses der Mondanziehung für den Boden von Straßburg eine mittlere senkrechte Fluterhebung von 22.3 *cm*, deren jedesmaliger Eintritt dem höchsten, bzw. tiefsten Stande des Mondes um 2 Stunden 9 Minuten voraufgeht. Doch bemerkt er, daß nicht allein Mond und Sonne das Pendel anziehen, sondern auch das Meer durch den Ortswechsel seiner Wassermassen einesteils Anziehungswirkungen verursacht, andernteils der Festlandskruste kleine Formänderungen erteilt, was alles sich schwer zahlenmäßig berechnen lasse.

Zuletzt ist noch einer Bewegungsart zu gedenken, welche den Namen Nullpunktsbewegung führt. Hierhin gehören jene großen und lange dauernden Bewegungen, die veranlassen, daß nach Verlauf nicht zu langer Zeiträume die Registriervorrichtungen der Seismographen in ihrer Aufstellung verändert werden müssen, weil der Pendelarm (oder der dessen Lage markierende Lichtpunkt) seitwärts den Papierstreifen mit der Skala verläßt. Die Ursache dieser Bewegungen sucht Ehlert in Formveränderungen (Aufwölbungen) der Erdoberfläche infolge der Temperaturschwankungen; v. Rebeur-Paschwitz sucht sie in Einwirkungen des Luftdruckes, und letztere Meinung wird durch neuere Untersuchungen gestützt. Sieberg faßt seine Ansicht über die Entstehungsursachen der Nullpunktsbewegungen dahin zusammen, daß sie das Ergebnis reeller Bodenbewegungen sind, wenn auch nicht geleugnet werden könne, daß künstliche Störungen und Beeinflussungen der Seismometer analoge Bewegungen des Pendels zu verursachen vermögen. Häufig, wenn nicht in der Mehrzahl der Fälle, werden sie durch die Druckunterschiede der Atmosphäre hervorgerufen; daneben können aber auch noch Wärmeschwankungen als Urheber in Betracht kommen. Welchem von beiden Faktoren, und in welchem Maße im jeweiligen Falle das Übergewicht zukommt, entscheide die Bodenbeschaffenheit der nächsten und auch der weitern Umgebung des betreffenden Ortes.

Große Erdbeben und Schwankungen der Erdachse. Seit etwa zwei Jahrzehnten ist durch die Beobachtungen nachgewiesen worden,

daß die Drehungsachse der Erde im Innern derselben keineswegs wie man früher glaubte, unverrückbar festliegt, sondern kleinen Schwankungen unterworfen ist. Diese Verschiebungen sind gering denn sie betragen nur wenige Meter, um welche die Endpunkte der momentanen Drehungsachse, also die Pole, auf der Erdoberfläche sich in spiralförmigen Bahnen um eine gewisse mittlere Lage bewegen Vom Januar 1889 bis Mitte 1890 ist dementsprechend der Nordpol um etwa 20 m seitwärts gerückt, dann haben die Schwankungen während des nächsten Jahrzehntes abgenommen und sind jetzt wieder in Zunahme. Über die Ursachen dieser Polschwankungen sind die Akten der Untersuchung noch nicht geschlossen, wahrscheinlich spielen Massenverschiebungen im Innern und an der Oberfläche der Erde dabei die Hauptrolle. Der berühmte Erdbebenforscher Professor J. Milne hat nun gefunden, daß eine Wechselbeziehung zwischen der Größe der Polschwankungen und der Anzahl starker, weit verbreiteter Erdbeben stattfindet, derart, daß in den Jahren mit zahlreichen Erdbeben von großer Ausdehnung die Polschwankungen beträchtlicher sind als in Jahren mit geringer Erdbebentätigkeit. Die Untersuchungen Professor Milnes bezogen sich auf die Jahre 1895 bis 1898, also auf einen recht kurzen Zeitraum, und es schien sehr wünschenswert, dieselben weiter auszudehnen und schärfer zu fassen. Diese Arbeit hat A. Cancani in Rom unternommen und alle Beobachtungen bis zum Jahre 1902 berücksichtigt. Von der richtigen Ansicht ausgehend, daß nur solche Erdbeben hierbei Berücksichtigung finden sollten, die einen großen Teil der Oberfläche unseres Planeten in Mitleidenschaft zogen, hat er diejenigen ausgesucht, die wenigstens in vier Weltteilen und gleichzeitig an entgegengesetzten Punkten (auf Antipodenstationen) bemerkt worden sind. Erdbeben dieser Art sind in den Jahren 1899 bis 1902 durchschnittlich 24 jährlich eingetreten, und auch in dieser Zusammenstellung bestätigt sich, daß die kleinste Abweichung des Poles mit der geringsten Anzahl der Erdbeben zusammenfiel (im Jahre 1900), die stärkste dagegen mit der größten Zahl von Erdbeben (1902). Es ist klar, daß auch jetzt noch der in Betracht gezogene Zeitraum zu kurz ist, um endgültig in der Frage entscheiden zu können, aber immerhin ist der Parallelismus der Häufigkeit beider Erscheinungen so augenfällig, daß man an eine gegenseitige Beziehung derselben zueinander denken muß. Auch liegt es nahe, anzunehmen, daß Vorgänge im Innern unseres Planeten, durch welche die ganze Erdoberfläche in Schwingungen versetzt wird, auch Schwankungen in der Lage der momentanen Drehungsachse der Erde hervorrufen dürften.

Die jüngsten Erdbebenereignisse am Ätna behandelte S. Arcidiacono. Im[1]) Jahre 1903 sind sehr viele Beben aufgetreten, einige

[1]) Bollettino dell' Accad. Gioenia di sc. nat. Catania. Dez. 1903.

von diesen waren ziemlich stark, andere so stark, daß nicht nur das ganze Bergmassiv des Ätna erschüttert wurde, sondern auch das umliegende Landgebiet. Nach dem großen Eruptionsparoxysmus des Jahres 1892, welcher durch sechs Monate dauerte, vom Juli bis Dezember, und nach den vielen Beben im Jahre 1893, durch welche die Bewohner der Umgebung des Ätna auf eine harte Probe gestellt wurden, trat der Vulkan sowohl in bezug auf die Bodenruhe als auch in bezug auf die vulkanischen Äußerungen wieder langsam in den gewöhnlichen Zustand der gemäßigten Tätigkeit. Die vulkanische Tätigkeit hat mit der Zeit immer mehr abgenommen, und schließlich ist eine vollkommene Ruhe eingetreten. Im Jahre 1903 war nun eine ausnehmend starke seismische als auch eruptive Tätigkeit zu verzeichnen, was die Annahme mancher Vulkanologen zu bestätigen scheint, daß einer verminderten vulkanischen Tätigkeit oder gar der Ruhe des Vulkanes eine erhöhte seismische Tätigkeit entspricht und umgekehrt. Es könnten also die Kraterschlünde eines Vulkanes als Sicherheitsventile aufgefaßt werden, durch welche die Spannungen der Eingeweide des Vulkanes entlastet werden, so daß das Gebiet in der Umgebung des Vulkanes dann von Erdbeben nicht heimgesucht wird. Soeben sind elf Jahre verflossen seit der großen Eruption des Vulkanes (1892), welche ebenso wie jene der Jahre 1886 und 1883 auf demselben radial verlaufenden Spalte sich abgespielt hat. Um zur nächsten großen Eruption zurückzugelangen, die der Stärke nach mit jener vom Jahre 1892 verglichen werden könnte, so müßte man um 27 Jahre zurückgreifen, das ist in das Jahr 1865. Wir können mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit sagen, daß uns doch ein langer Zeitabschnitt der Vulkanruhe von dem nächsten starken Paroxysmus trennt. Immerhin bleibt es nicht ausgeschlossen, daß in nächster Zeit eine jener sekundären, vulkanischen Entladungen am Ätna auftritt, die, wenn sie auch keinen besonders großen Schaden zufügt, uns doch daran erinnert, daß der Ätna nicht schläft, sondern uns ernstlich daran mahnt, daß in den Eingeweiden des Vulkanes eine seiner Eruptionen vorbereitet wird. Um recht deutlich die wieder erwachte geodynamische Tätigkeit des Jahres 1903 des Ätna zu zeigen, will der Verfasser eine Statistik aller fühlbaren Erdbeben, die vom Jahre 1893 bis zum Jahre 1904 ausschließlich am Ätna sich ereignet haben, aufstellen, wobei der Verfasser, um die Seismizität eines jeden Jahres am anschaulichsten auszudrücken, aus der Anzahl der Stöße und mittlern Stärke (letztere nach Mercallis Stärkeskala) die Produkte berechnet.

Jahre	Zahl der Erdbeben	Mittlere Stärke	Anzahl × Stärke
1893	53	4	212
1894	31	4	124
1895	9	3	27
1896	12	4	48
1897	4	4	16

Jahre	Zahl der Erdbeben	Mittlere Stärke	Anzahl × Stärke
1898	11	4	44
1899	10	4	40
1900	11	4	44
1901	8	5	40
1902	14	4	56
1903	38	4	152

Die Tabelle führt zu folgenden Ergebnissen: Die seismische Tätigkeit hat nach der Eruption vom Jahre 1892 bis zum Jahre 1897 immer mehr abgenommen, dann blieb sie fast unverändert schwach bis zum Jahre 1902, wo sie wieder erwachte, und im Jahre 1903 ist am Ätna mehr als eine dreimal so starke seismische Tätigkeit aufgetreten, als in den vorangehenden Jahren.

Über das Erdbeben von Schemacha, am 13. Februar 1902, teilt die Horizontalpendelstation zu Tiflis genaues mit.[1]) Schon im Laufe einer Woche vor der eigentlichen Katastrophe wurden in Schemacha öfters unbedeutende Erdstöße gespürt. Am 13. Februar war ein stärkerer Stoß um 8^h, ein anderer um 11^h fühlbar, dazwischen folgten hintereinander eine ganze Reihe schwächerer Stöße.

Der eigentliche verheerende Hauptstoß erfolgte am 13. Februar um $12^h\,34^m$; er machte den Eindruck eines vertikalen. Ihm folgte eine fortwährende Reihe mehr oder weniger starker Stöße, die den vorgenommenen Rettungs- und Ausgrabungsarbeiten sehr hinderlich waren; besonders fühlbar erschien der Stoß um $19^h\,24^m$.

Durch dieses Beben ist die Stadt vollkommen zerstört worden, namentlich der mittlere, niedrigliegende Teil der Stadt, dessen Bauten meist aus Rohziegeln und mit Lehm zusammengefügtem Gerölle bestehen und auch einem weniger starken Beben keinen großen Widerstand hätten bieten können. Im allgemeinen haben aber Wände, deren Richtung E—W ist, weniger gelitten, als diejenigen, deren Richtung N—S; die meisten Gegenstände fielen nach W. Die Kuppel der Kirche war auch nach W umgekippt und lag auf dem Kirchenschiffe mit dem Kreuze nach W gewandt. Am wenigsten haben Holzhäuser gelitten. Im Weichbilde der Stadt hat sich ein Erdriß gebildet in der Richtung E—W, dessen Länge etwa 1 Werst und Breite 10 *cm* beträgt. Unweit davon ist ein Felsen abgestürzt.

In der Umgegend von Schemacha hat das Erdbeben nicht weniger verheerend gewirkt. Es werden arge Verwüstungen aus Achsu, Scharadilskaja, Ssagiany usw. gemeldet; im ganzen sind etwa 30 Dörfer vollkommen zerstört. Die Zerstörung dehnt sich am weitesten in der Richtung E—W bis 45 Werst, in der Richtung N—S aber nicht mehr als 20 Werst aus.

---

[1]) Monatsbericht der Horiz-.Pend.-Stat. am Phys. Obs. zu Tiflis Nr. 2.

Es folgen im Originale die Nachrichten aus verschiedenen Orten, wo das Beben verspürt wurde. Die wesentlichsten Daten sind wörtlich wiedergegeben, müssen jedoch mit einer gewissen Vorsicht aufgenommen werden. Die Zeitangaben sind in manchen Fällen sehr fehlerhaft. Die Angaben der Stärkegrade waren auch oft im Widerspruche mit den wörtlichen Berichten über die Wirkung des Bebens. In Anbetracht der primitiven Bauart der Steingebäude dürfte der Stärkegrad in vielen Fällen zu hoch angenommen worden sein.

Auf einer Karte sind die meisten Orte, an denen das Erdbeben bemerkt wurde, durch Beifügung von Pfeilen gekennzeichnet, welche die Richtung aus der die Stöße kamen, bezeichnen. Die Stärke derselben ist nach der Skala Rosse-Forel durch die lateinischen Ziffern I bis X ausgedrückt.

Das Erdbeben vom 26. November 1902 am Böhmischen Pfahl ist von J. Knett studiert worden,[1]) und Dr. Binder gibt[2]) von dieser Arbeit folgende, das Hauptsächliche umfassende Übersicht. Dasselbe fand statt 1902 am 26. November, $2^1/_4$ Uhr nachmittags. Auf Grund der eingelaufenen Berichte aus Prag und München (denn ein Teil der Schütterzone liegt jenseits der Grenze, in Bayern) stellt der Verfasser zunächst fest ein Vorbeben, dann Hauptbeben und Nachbeben — begrenzt das Gebiet heftigster Erschütterung (VI. Stärkegrad) als eine längliche schmale Ellipse, deren Längsachse senkrecht auf den mächtigen, seinerzeit von Hauer als Böhmischer Pfahl gekennzeichneten Quarzgang die Orte Neustadtl bei Heid in Böhmen und Neuhammer in Bayern verbindet, — dann das Gebiet kräftiger Erschütterung (V. Grad) und endlich das Gebiet schwacher Erschütterung, welche beiden letztern einer bedeutenden Ausweitung dieser Ellipse nach dem Süden, einer geringen nach dem Norden gleichkommen, wie sich dies auch in den beiden beigegebenen farbigen Kärtchen gut ersehen läßt. Vier isolierte Beobachtungspunkte: Asch, im Fichtelgebirge, Neudek, Pürstein im Erzgebirge zeigen, daß sich dieses Beben durch das unter den Tertiärablagerungen der Braunkohlengebiete liegende Grundgebirge hindurch fortgepflanzt haben muß. Das gesamte Schüttergebiet, dessen Mittelpunkt bei Pfraumberg zu suchen ist, weist also einen elliptisch-eiförmigen Grundriß von 4750 *qkm* auf und breitet sich zu beiden Seiten des Böhmischen Pfahles aus, der sich, eines der größten Denkmäler linearer Dislokationen in unserm Weltteile, von Furth bis Tachau in der Länge von 60 *km* erstreckt. Dieser Pfahl bedeutet einen ehemals tiefreichenden Spaltenriß, der durch die Auflagerung des Hornblende-

[1]) Mitteil. der Erdbebenkommission d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. Neue Folge 18.

[2]) Erdbebenwarte 1904. 3. p. 242.

schiefers auf den Gneis vorgezeichnet war. Das Schüttergebiet verbreitet sich senkrecht auf die Streichung des Pfahles und setzt sich daher aus herzynischer Gneisformation, Amphibolit der Glimmerschieferformation, Urtonschiefer und deren zugehörigen Graniteinlagerungen zusammen. Im letzten Teile erklärt der Verfasser das Erdbeben als Folge eines in der Tiefe sich fortsetzenden Spaltenreißens. Dieses bewirkt an der Oberfläche einen senkrecht hierzu gestellten stärksten Anschlag von länglich ogivaler Gestalt; der primäre Stoß ist ein Transversalbeben. Die nächsten Isoseisten (Linien der Begrenzung des Bebengebietes zweiter und dritter Stärke) weisen schon eine Begrenzung durch das herzynische Gebirgsstreichen auf, so daß sie nach Süden und Westen tief ausbiegt. Die Längsachse dieser Zone ist südnördlich gerichtet, während im Norden die mächtigen Gebirgsmassen mit erzgebirgischem Streichen den Bebenwellen entgegenwirken und ihre Verbreitung aufhalten. Es zerstiebt und verwischt sich dort förmlich die ganze Erscheinung bis auf jene vereinzelte Stellen im Erzgebirge, welche weit außerhalb der zusammenhängenden Zonenlinie liegen.

Die Erbeben Bayerns im Jahre 1903 sind von Dr. J. Reindl behandelt worden.[1]) Nach seinen Zusammenstellungen fanden in den verschiedensten Teilen desselben folgende Krustenbewegungen statt: Am 8. Januar wurden starke Erdstöße im Fichtelgebirge wahrgenommen, am 22. Januar solche im Röslautale. Am 25. und 26. Januar fand ein heftiges Beben in der Pfalz statt, am 5. und 6. März ein solches im Erz- und Fichtelgebirge und im angrenzenden Böhmerwalde. Heftige Krustenbewegungen vollzogen sich dann ferner am 22. März wiederholt in der Rheinpfalz, desgleichen solche dortselbst am 8. April. In Partenkirchen wurden am 15. April um 6½ Uhr abends zwei leichte Erdstöße verspürt, am 23. April um 9¾ Uhr vormittags solche entlang der bayrisch-vogtländischen Grenze. In Selb erschreckten am 27. April Bodenbewegungen die dortigen Bewohner; am 30. Mai ähnliche Erdstöße die Bewohner im obern Saaletale. Am 21. Juli fand in Hagenbach (Pfalz) und Umgebung um 6 Uhr 58 Minuten früh ein Erdbeben statt, das die Richtung von Nord nach Süd verfolgte und sich in zwei heftigen Stößen äußerte, wobei Fenster klirrten, Möbel schwankten, und Kinder zu Boden fielen. Der 6. August sah wieder Bodenerzitterungen entlang der bayrisch-vogtländischen Grenze, der 11. August unterirdische Einstürze im altvulkanischen Ries. Am 11. September zwischen 4 und 5 Uhr nachmittags fanden Erdstöße in Waldmünchen statt, die jedesmal von nur sekundärer Dauer waren. Dortselbst wurden fünf Erschütterungen verspürt, drei stärkere und zwei schwächere. Die erstere stärkere wurde etwa um 3½ Uhr, die zweite

[1]) Gaea 1904. p. 613.

ziemlich genau 5 Minuten vor, die dritte 5 Minuten nach 4³/₄ Uhr bemerkt. Es waren wellenförmige, schwankende Bewegungen gleich dem Schaukeln eines Schiffes. Die Dauer der einzelnen Stöße betrug 1 bis 3 Sekunden. Der zweite Stoß war der stärkste, wobei die geschlossenen Fenster „ein polterndes Geräusch" ergaben. Am 2., 3. und 5. Oktober wurde wieder das Fichtelgebirge von Erdbeben heimgesucht, am 7. November der Böhmerwald. Am 25. November um 6 Uhr morgens zeigten sich Bodenbewegungen entlang der ganzen oberfränkisch-vogtländischen Grenze, am 14. Dezember um 11 Uhr 25 Min. Erdstöße an der Südgrenze Bayerns, die namentlich im Wallgau und bei Jenbach am Achensee sehr deutlich wahrgenommen wurden. Endlich fand am 15. Dezember ein deutliches Erdbeben im Rhöngebirge zwischen Brückenau und Vacha statt.

Die Zahl der Erdstöße betrug in Bayern im genannten Jahre 94.

Vergleicht man die Erdbeben untereinander nach den Tageszeiten, an denen sie stattfanden, so zeigt sich, daß in höchst auffälliger Weise die weitaus größte Mehrzahl aller Stöße, bei welchen die Zeit ihres Eintrittes angegeben werden konnte, in der Nacht oder doch am frühen Morgen und späten Abende sich ereigneten. Diese Tatsache erklärt sich einfach dadurch, daß die verhältnismäßig schwachen Erschütterungen, mit denen wir es in Bayern fast ausschließlich zu tun haben, nur dann auffallen, wenn die Aufmerksamkeit nicht durch den Lärm und die Geschäfte des Tages in Anspruch genommen ist. Hinsichtlich der jahreszeitlichen Verteilung dieser Beben kann gesagt werden, daß die Sommer- und Herbstmonate wohl die bebenärmsten Zeiten waren.

Die von Erdbeben am meisten betroffenen Gebiete sind das Fichtelgebirge mit Böhmerwald und die Südostpfalz, ferner das altvulkanische Ries und das Alpenland im Süden.

Über das Erdbeben am 4. April 1904 teilt die kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg i. E. mit: Das Erdbeben, das am 4. April gegen 11 Uhr vormittags die Länder an der untern Donau heimsuchte, hat nach den bisher bei der kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung eingelaufenen Nachrichten zu urteilen, eine ganz bedeutende Ausdehnung gehabt. Der Ausgangspunkt scheint in dem Rilo- und Rhodopegebirge an der Grenze von Bulgarien, Ostrumelien und Mazedonien gewesen zu sein, von welchen in letzter Zeit schon mehrfach starke Erdbeben gemeldet worden sind, wenigstens haben die Ortschaften um das Rilokloster, wie es heißt, größern Schaden erlitten. Von diesem Epizentrum aus strahlten die Bewegungen nach Nordosten und Nordwesten aus, durchsetzten den Balkan und erschütterten die ganze rumänische Ebene. In Bukarest wurden zwei ziemlich starke Erdstöße verspürt. Viel stärker hat sich die Erschütterung in nordwestlicher Richtung fortgepflanzt. In Vranja an der Südgrenze Serbiens sind mehrere Häuser eingestürzt

und Personen verletzt worden. Die Senke des Tales von Morava leitete die Bewegung nach Norden fort; aus allen größern Ortschaften des Morava- und Nischavatales liegen Nachrichten über Erdstöße vor. Selbst über Belgrad hinaus sind noch mitten in der ungarischen Tiefebene Stöße wahrgenommen worden. Die Zahl der Erdstöße wird verschieden angegeben. In Bukarest sind zwei Stöße verspürt, in Sofia drei, ebensoviel in Belgrad, in Bekes-Csaba (Ungarn) wieder nur zwei. Ebenso schwanken die Angaben über den Zeitpunkt des Auftretens der Erdstöße. Besser als die Beobachter an Ort und Stelle geben uns die seismischen Apparate hierüber Auskunft. Alle Instrumente der kaiserlichen Hauptstation haben um die angegebene Zeit Störungen registriert und dabei zum Teil ganz außerordentlich große Ausschläge gehabt, wie sie nur selten vorkommen. An dem astatischen Pendelseismometer von Wiechert war die Bewegung sogar so stark, daß die Schreibstifte von der Registrierwalze abgeworfen wurden. Von allen Apparaten sind in gleicher Weise im ganzen vier Störungen aufgezeichnet worden. Die beiden ersten weisen die größten Amplituden auf und sind von fast gleicher Intensität. Die erste Störung setzt 11 Uhr 5 Minuten 33 Sekunden ein. Nach Verlauf von 1 Minute beginnt um 11 Uhr 6 Minuten 35 Sekunden die Hauptphase, und an diese schließen sich die charakteristischen langen und flachen Wellen, welche das Ende einer jeden seismischen Störung bilden und bei Fernbeben oft stundenlang andauern. Um 11 Uhr 29 Minuten 5 Sekunden werden diese Wellen durch die zweite Störung unterbrochen, deren Hauptphase um 11 Uhr 30 Minuten 1 Sekunde anfängt. Die fast bis auf die Sekunde gleichlange Dauer der ersten Phase bei beiden Störungen ist der beste Beweis dafür, daß die Erdbebenwellen aus demselben seismischen Herde stammen und auf dem gleichen Wege zur Beobachtungsstation gelangt sind. Bemerkenswert ist, daß bei der zweiten Störung auch die vertikale Komponente registriert wurde, und zwar weist diese eine ganz bedeutende Amplitude der Bewegung auf. Die beiden letzten Störungen sind im Verhältnisse zu den vorhergehenden als minimal zu bezeichnen, sowohl hinsichtlich ihrer Amplitude wie der Dauer. Die dritte in der Reihe der Störungen beginnt 12 Uhr 14 Minuten 22 Sekunden und endet schon nach 2 Minuten. Das vierte und letzte Seismogramm ist etwas größer und fängt 13 Uhr 54 Minuten 20 Sekunden an, erreicht sein Ende aber auch schon nach 5 Minuten. Rechnen wir für die Fortpflanzung der Erdbebenwellen vom seismischen Zentrum bis nach Straßburg etwa $2^1/_2$ Minuten, so ergibt sich daraus die Zeit des Bebens im Rilogebirge. Wir sehen ferner, daß es im ganzen vier Erdstöße gewesen sind, welche in der Zeit von 11 Uhr vormittags bis 2 Uhr nachmittags im Schüttergebiete erfolgten. Von diesen sind in Bukarest und Csaba nur zwei, wohl die beiden ersten, von Personen gefühlt worden, weil diese Punkte in größerer Entfernung vom Epizentrum liegen. Die drei Erdstöße, von denen in den Meldungen aus Sofia und

Belgrad die Rede ist, haben die Störung 1, 2 und 4 unserer seismischen Apparate veranlaßt, denn in der Mitteilung aus Belgrad heißt es, daß an einzelnen Orten sich das Erdbeben nach 1 Uhr nachmittags wiederholte. Das Beben, welchem die Störung 3 entspricht, wird wegen seiner geringen Intensität unbemerkt geblieben sein. Genauere Daten können erst gegeben werden, wenn Beobachtungen auch von andern, zwischenliegenden Stationen vorliegen.

Die Erdbeben von Konstantinopel bildeten den Gegenstand einer sorgfältigen Studie von Johannes Dück.[1]) Dieselbe umfaßt zunächst eine möglichst erschöpfende statistische Zusammenstellung aller über diese Beben vorhandenen Nachrichten. Verf. hat dieselben aus dem von ihm zusammengebrachten Kataloge auch in eine Tabelle zusammengetragen. Die dabei unterschiedenen Zeitabschnitte sind folgende:

1. Von 333 bis 1453, also von der Gründung der Stadt durch Konstantin bis zu deren Eroberung durch die Türken unter Sultan Mohammed II.; hier sind die Quellen mit wenigen Ausnahmen griechische Schriftsteller.
2. 1454 bis 1699, eine ziemlich erdbebenarme Zeit, welche aber dafür das größte aller bekannten Beben (1509) enthält.
3. 1700 bis 1799, viele, aber geringere Beben; die Quellen sind sehr oft nur Zeitungsberichte.
4. 1800 bis 1890, genaue Angaben, die im allgemeinen den modernen Anforderungen entsprechen, besonders bei Fuchs, Statistik usw.
5. Das große Beben vom 10. Juli 1894 und den folgenden Tagen.

Zeitabschnitt	Jahre	Tage	Beben I. Grades
Von 333 bis 1453	49	476	8 (448, 478, 555, 558, 740, 865, 975, 1296)
» 1454 » 1699	13	45	1 (1509)
» 1700 » 1799	21	126	1 (1719)
» 1800 » 1890	26	82	—
10. Juli 1894	1	11	1
Von 333 bis 1894	110	740	11

Die Beben I. Grades, sagt Verf., sind uns wohl alle vollzählig überliefert, denn diese haben sich zu allen Zeiten, auch unter den phlegmatischen Türken, Beachtung erzwungen. Sie liefern uns natürlich auch das meiste und wichtigste Material. Die dritte Rubrik darf also ziemliche Genauigkeit beanspruchen. Aus ihr geht hervor,

[1]) Erdbebenwarte 1904. 3. p. 177.

daß Konstantinopel durchschnittlich alle 400 Jahre dreimal von dem Erdbebenunglück in großem Maßstabe heimgesucht wird.

Der Hauptteil der Berichte besteht meistens in mehr oder weniger übertriebenen Schilderungen der Folgen und auch da meist nur über die verheerenden Wirkungen an Menschen und Menschenwerk. Die geophysikalischen Fragen sind oft gar nicht, oft nur mangelhaft in den Quellen beantwortet; erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts finden wir genauere Angaben, doch sind auch die hier und da eingestreuten Beobachtungen früherer Zeit immerhin von Wert und lassen uns, z. B. bezüglich der Stoßrichtung, brauchbare Schlüsse ziehen. Von ganz besonderer Wichtigkeit, eben infolge seiner allein ziemlich ausführlich gehaltenen Beobachtungen, ist aber das letzte große Beben zu Konstantinopel vom 10. Juli 1894 und den folgenden Tagen.

Verf. geht deshalb genauer auf dasselbe ein, obgleich dieses schon mehrfache Bearbeitungen früher gefunden hat. Er kommt zu folgendem Ergebnisse: „Das Erdbeben von Konstantinopel vom 10. Juli 1894 hat weder eine ausschließlich tektonische, noch eine ausschließlich vulkanische Ursache. Es ist vielmehr am richtigsten, es unter jene Gruppe von Erdbeben einzureihen, die (nach Günther) die Zwischenform mit vulkanisch-tektonischer Ursache bildet. Aber auch der vulkanische Anteil ist zum geringsten Betrage als echt vulkanisch zu bezeichnen, sondern mehr als Pseudovulkanismus. Wasser für die magmatische Esse, um die hochgespannten Gase zu entwickeln, ist ja genug vorhanden, da das ganze Schüttergebiet am oder im Meere liegt. Wie beide Arten von Ursachen zusammengewirkt haben, um die Katastrophe herbeizuführen, läßt sich allerdings nicht genau angeben. Höchstwahrscheinlich haben wir uns den Vorgang dabei so zu denken, daß wir dem Vulkanismus mehr eine vorbereitende Unterminierarbeit zuschreiben und das Beben, wie es sich auf der Erdoberfläche zeigte, seinem nächsten Grunde nach als tektonisch betrachten; doch müssen auch hierbei, wenigstens an einzelnen Stellen, vulkanische Faktoren mitgewirkt haben."

Dück macht ferner auf folgendes bezüglich der Erdbeben von Konstantinopel aufmerksam. „Ein Vergleich der stärksten Beben," sagt er, „mit der Reihe der Aufeinanderfolge überhaupt zeigt sofort, daß diese Beben regelmäßig nach größern Ruhepausen am stärksten waren. Ist eine längere Periode von Erdstößen und Erdbeben über die Stadt hereingebrochen, so bleibt deren Wirksamkeit weit hinter denen zurück, die nach oft jahrhundertelanger Ruhe auftraten, während deren die Bewohner vielleicht in der größten Mehrzahl gar nicht mehr an dieses schreckliche Naturereignis dachten. Es kommt mitunter vor, daß sich diese großen Beben nach langer Pause kurz vorher in einem Stoße oder mehrern kleinern Stößen anmeldeten; das tut aber der Betrachtung der Tatsache keinen Eintrag. Die wichtigsten und auffallendsten dieser Ruhepausen sind folgende:

1. 677 bis 740; letzteres Jahr hat ein Beben erster Ordnung zu verzeichnen, mit einem kleinen Vorläufer 732; vielleicht kann man sogar von 581 ab rechnen, da, wie oben ausgeführt, das Beben von 677 nicht genügend verbürgt erscheint.

2. 865 bis 975; auch hier haben wir wieder ein Beben allerersten Ranges als Schlußpunkt der Ruhepause.

3. 1082 bis 1296; hier ist sogar eine Pause von über 200 Jahren; dafür wird aber auch das Beben von 1296 als „πάνυ μέγιστος“ bezeichnet.

4. 1353 bis 1509; dieses gewaltige Naturereignis hat zwei kleine Vorläufer, 1507 und 1508; an Furchtbarkeit wird es von keinem andern übertroffen.

5. 1802 bis 1894; hier tritt allerdings das Auffallende etwas zurück, weil bei der genauer gewordenen Berichterstattung auch alle kleinern Beben und Stöße überliefert worden sind; doch kann man von 1802 bis 1894 von Erdbeben von einiger Bedeutung nicht sprechen. Aller Wahrscheinlichkeit nach hat also Konstantinopel für die nächsten Jahre, vielleicht Jahrzehnte, kein größeres Beben mehr zu erwarten oder zu befürchten.

Aus der Beobachtung dieser bisher stattgehabten Ruhepausen glaubt Verf. aber wichtige Schlüsse auf die Ursache der Erdbeben von Konstantinopel ziehen zu können. „Wenn nämlich die Erdoberfläche in größere Spannung gerät, dadurch, daß infolge der permanenten Wärmeausstrahlung das Erdvolumen sich verkleinert, so geht daraus folgendes hervor: Gegenden der Erde, die, wie Konstantinopel, eine für Dislokationen mehr günstige geologische Beschaffenheit haben, werden in bezug auf ihre Oberfläche auch mit in eine immer größer werdende Spannung kommen; eine gewisse Zeitlang werden nun die bisherigen Lagen den Spannungen Widerstand leisten können; in dem Zeitpunkte aber, wo die Spannung größer als der geleistete Widerstand wird, tritt eine Dislokation und damit ein Erdbeben ein. Je größer nun die Zeit ist, während deren sich die Erde abkühlt, je kleiner deshalb ihr Volumen, und je größer die Oberflächenspannung wird, desto umfangreicher und stärker wird die Dislokation, desto stärker das Erdbeben sein. Hat sich dadurch die Spannung wieder auf Null verringert, so bleibt die Gegend von Erdbeben verschont, bis wieder jener Zeitpunkt eintritt; je früher er nun eintritt, desto geringer die Dislokation und umgekehrt. Daher die Wahrnehmung, daß bisher die stärksten Beben immer am Ende der größten Ruhepausen stattfanden.“

Allein auch noch einen andern wichtigen Schluß glaubt Verf. daraus ziehen zu können. „Wenn wir nämlich aus verschiedenen Anzeichen auch Faktoren vulkanischer Natur nicht ganz ausschließen dürfen, so paßt dies auch für unsere Beobachtung. Wenn ein Magmanest und einsickerndes Wasser die Ursache von Dämpfen sind, welche ihrerseits natürlich wieder eine Spannung für den Fall, daß kein Austrittsventil vorhanden ist, bedingen, so ist wieder ohne weiteres klar, daß die Spannung dieser Dämpfe um so höher ist, je länger die Zeit ist, während deren die Dampfbildung vor sich geht. Wir hätten dann eine doppelte Spannung, die aus tektonischen Ursachen und die von der Dampfbildung herrührende, welche gemeinsam wirken und die Dislokation in dem mehrmals erwähnten Zeitpunkte veranlassen müssen. Es mag wohl sein, daß dabei der weitaus größere Anteil auf die tektonische Ursache fällt, aber vielleicht ist gerade das Mitwirken der Dampfspannung neben der geologischen Beschaffenheit schuld, daß die Dislokation gerade hier und nicht irgend wo anders eintritt. Mit dieser Hypothese wollen wir noch eine weitere Beobachtung verbinden. Wo uns nämlich die Stoßrichtung überliefert ist oder erschlossen werden kann, herrscht die Richtung Nord-Süd weitaus vor. Abweichungen nach Ost oder West kommen ja vor, doch ist Nord-Süd die Hauptrichtung. Die diesbezüglichen Beobachtungen sind:407: NW-SO; 1752: NO-SW; 1770: N-S; 1719: NW-SO; 1803: N-S; 1829: NO-SW; 1838: N-S; 1865: N-S; 1894: NO-SW. Dazu kommen allerdings noch zwei genau entgegengesetzte Angaben, nämlich 1766: S-N und 1811: S-N; allein abgesehen davon, daß vielleicht irrige Auffassung oder Berichterstattung vorliegen kann, ist diese Tatsache doch nicht so störend, als wenn die Stoßrichtung O-W oder W-O wäre. Ich glaube, eins wenigstens aus dieser auffallenden Übereinstimmung der Stoßrichtungen folgern zu dürfen, daß nämlich ein und dieselbe Ursache bei allen Erdbeben von Konstantinopel wirksam war.“

Die Erdbeben in Japan. Omori, Direktor des meteorologischen Observatoriums in Tokyo, hat hierüber in einer japanischen Zeitschrift eine interessante Studie veröffentlicht. Aus derselben teilt M. Kutschera (Yokohama) in den Mitteilungen der k. k. geogr. Gesellschaft in Wien[1]) folgendes mit:

Im Jahre 1855 wurden zuerst seitens der Regierung Vorkehrungen getroffen, um Nachrichten aus allen Teilen des Landes über seismologische Beobachtungen zu sammeln, womit die verschiedenen Distrikts- und Gemeindeämter betraut wurden. Ende 1901 gab es 1600 solcher Beobachtungsstationen. Aus den auf diesem Wege gesammelten Berichten ergab sich, daß in den 13 Jahren bis 1897 in Japan nicht weniger als 17 750 Erdbeben vorkamen, was ein jährliches Mittel von 1365 ergibt. Das Minimum war 472 im Jahre 1886, während im Jahre 1894 ein Maximum von 2729 erreicht wurde. Diese Ziffern geben nur die Erdbeben an, welche ohne Zuhilfenahme von Instrumenten direkt wahrgenommen werden konnten, während natürlich die Anzahl vielfach größer wäre, wenn die von empfindlichen Apparaten angezeigten mitgezählt würden. So zeigen z. B. die feinen Instrumente des Observatoriums in Tokyo jährlich um 500 Beben mehr an als die gewöhnlichen Seismographen.

Anzahl der stärkern Erdbeben. Authentische und daher verläßliche Aufzeichnungen über bedeutendere Erderschütterungen reichen bis in die Zeit des fünften Jahres der Regierung des Kaisers Inkyo (416 n. Chr.) zurück. Von dieser Zeit bis zum Jahre 1898, das ist durch einen Zeitraum von 1482 Jahren, kamen in Japan 223 schwere Erdbeben vor, die mehr oder minder Schaden an Leben und Eigentum anrichteten oder die Konfiguration des Landes veränderten. Die Aufzeichnungen aus der Zeit vor dem Beginne der Tokugawaregentschaft (des Shogunates) sind natürlich infolge der damals noch recht mangelhaften Kommunikationen sehr unvollständig. Diese Unvollkommenheit wurde durch das Shogmate behoben und wurden während einer Periode von 299 Jahren (bis 1898) in Japan 108 Erdbeben von mehr oder minder unheilvollem Charakter aufgezeichnet. Mit andern Worten: es kam (im Mittel) alle zweieinhalb Jahre solch eine besonders heftige Erderschütterung vor. Teilt man diese Erdbeben in lokale und allgemeine, wobei unter erstern solche verstanden werden sollen, die nicht über den Bereich einer Provinz hinausreichen, während die letztern jene sind, die sich über zwei und mehr Provinzen erstrecken, so hatte Japan in dieser Periode 149 lokale und 74 allgemeine Erdbeben.

Wird Japan durch den Bogen eines Kreises, dessen Zentrum in der Japansee liegt, in zwei Zonen geteilt, so kommen in den innerhalb des Bogens, also an der Japansee liegenden Distrikten mehr lokale Beben vor, während in den außerhalb an der pazifischen Küste ge-

---

[1]) Bd. 46. Nr. 9 u. 10.

legenen Provinzen die allgemeinen Erdbeben häufiger auftreten, die dann auch nicht selten von unheilvollen Flutwellen begleitet sind.

Das Auftreten dieser Flutwellen wird damit erklärt, daß die an der pazifischen Küste vorkommenden Erdbeben von einem im Meeresgrunde liegenden Zentrum ausgehen. So kamen beispielsweise von den 26 schweren Erdbeben, welche von Flutwellen begleitet waren, während der letzten drei Jahrhunderte 23 an der pazifischen Küste und nur 3 an der Japansee vor.

Die erwähnten 223 schweren Erdbeben wiesen naturgemäß große Verschiedenheit an Intensität auf, und verzeichnet der genannte Autor zehn der schwersten, von denen sieben von Flutwellen begleitet waren. Er gibt folgende Daten an:

1. Im Jahre 684 am 26. November ein starkes Erdbeben, welches sich über Shikoku, die am Golfe von Ise gelegenen Provinzen, dann Tatomi, Sunga und Isu erstreckte.
2. Am 20. September 1498 ein Beben, welches 18 Provinzen in Kinai, Tokaido und Tosando erschütterte.
3. Am 18. Januar 1586 ein Erdbeben, 16 Provinzen in Kinai, Tokaido und Hokuriku umfassend.
4. Am 31. Januar 1605 in Kyushu, Shikoku und Tokaido.
5. Am 16. Juni 1662 in Kinai, Hokuriku und San-in.
6. Am 28. Oktober 1707 ein sehr schweres Erdbeben, dessen Ära fast das ganze Hauptland, mit Ausnahme des nordwestlichen Teiles, dann Shikoku und Teile von Kyushu umfaßte.
7. Am 7. Juli 1854 heftige Erschütterung in 13 Provinzen in Kinai und Tokaido, dann Tamba, Harima und Echigo.
8. Am 23. Dezember 1854 Erdbeben in 16 Provinzen in Tokaido.
9. Am 24. Dezember 1854 große Erderschütterung mit einer Ausdehnung über 32 Provinzen in Kyushu, Shikoku, Kinai, Sanyo-do und San-in-do.
10. Am 28. Oktober 1891 Beben in elf Provinzen in Tokaido und Kinai.

Wie sich aus dieser Zusammenstellung ergibt, sind die Distrikte in Kinai, das ist um Kyoto und dann jene des Tokaido am meisten den heftigern Erdbeben mit großer Ausdehnung unterworfen. Besonders ungünstig sind in dieser Beziehung die zwei Provinzen von Musashi und Sagami daran, welche, an der oben beschriebenen Grenze der Zonen der lokalen und der allgemeinen Erdbeben liegend, von beiden Gattungen heimgesucht werden und außerdem oft selbst der Herd lokaler Erdbeben sind. Daher die ungewöhnliche Häufigkeit seismologischer Störungen an diesen beiden Orten.

Anderseits sind Kozuke, Hida, Tajima und noch zwei oder drei Provinzen in Mitteljapan von dieser Kalamität nahezu frei zu nennen.

Erdbeben in Tokyo. Wenn auch Tokyo wegen der Häufigkeit von Erdbeben bekannt ist, so kommen dort doch weniger vor als in

einigen andern Punkten Japans. Während der im Jahre 1901 endigenden 26-jährigen Periode der Beobachtungen kamen 2485 Erdbeben vor, wobei natürlich jene Fälle ausgeschlossen sind, die nur mit empfindlichen Instrumenten beobachtet wurden. Das Jahresmittel stellt sich demnach auf 96. Die Erfahrung lehrt, daß Tokyo im allgemeinen mehr Erdbeben während des Sommers und Herbstes hat als im Winter oder Frühlinge. Ebenso zeigt sich bezüglich der Tageszeit, daß in den Stunden von 9 bis 10 Uhr morgens, sowie von 10 bis 11 Uhr abends mehr Erdbeben auftreten, und die Minima auf die Zeiten von 2 bis 3 Uhr morgens und 3 bis 4 Uhr abends fallen. Diese Eigentümlichkeit kann augenscheinlich dem Unterschiede des Luftdruckes zugeschrieben werden, da in Tokyo der höchste Barometerstand (der täglichen Schwankung) um 9 Uhr vormittags und 9 und 10 Uhr abends verzeichnet wird, während die Minima auf 3 Uhr morgens und 3 Uhr nachmittags fallen.

Während der letzten 50 Jahre seit dem heftigen Erdbeben der Anseiperiode (1854) kamen in Tokyo zwei schwere Erderschütterungen vor, und zwar in den Jahren 1884 und 1894. Einige Fälle von Tötungen und Verwundungen, sowie Zerstörungen von Gebäuden kamen bei letzterm, welches das heftigere war, vor, doch waren die an Leib und Leben verursachten Schäden durch die stürzenden Baulichkeiten, also nicht direkt durch das Erdbeben selbst verursacht.

Seismometrische Beobachtungen über japanische Fernbeben 1893 bis 1897. E. Rudolph hat hierüber eine Untersuchung veröffentlicht,[1]) welche den ersten Abschnitt des zweiten Teiles einer größern Abhandlung bildet, von welcher der erste Teil unter dem Titel „Seismometrische Beobachtungen, Bearbeitung der von 1889 bis 1897 registrierten seismischen Störungen", früher erschienen ist.[2]) Unter Zuziehung der Charkower Beobachtungen verfügt Verf. über eine fast lückenlose Beobachtungsreihe von fünf Jahren, innerhalb welcher Zeit nicht weniger als 24 japanische Erdbeben auf der europäischen Fernstation registriert wurden. Folgende Tabelle, auf S. 171, ist das Verzeichnis dieser Erdbeben.

Prof. Rudolph gibt dann eine Beschreibung der meisten Erdbeben, wobei die makroseismischen Angaben zuerst erwähnt werden. Dieselben haben nur den Zweck, eine Vorstellung von der Verbreitung und Intensität des Bebens zu geben, sowie die Bestimmung der Lage des Epizentrums zu ermöglichen. Die Beschreibung der mikroseismischen Störungen beschränkt sich auf die Hervorhebung der verschiedenen Phasen, welche der Berechnung zugrunde gelegt worden sind. Den Schluß bilden zwei Tabellen, von denen die erste eine übersichtliche Zusammenstellung der Zeitpunkte für die verschiedenen

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik. 6. p. 377.
[2]) Gerlands Beiträge zur Geophysik. 5. p. 94.

Phasen an den einzelnen Stationen gibt. Die zweite enthält die danach berechneten Werte der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, in Kilometern pro Sekunde ausgedrückt. Für die Geschwindigkeit der Wellen der ersten Phase (v_1) sind zwei Werte berechnet, je nachdem

4. Verzeichnis der japanischen Fernbeben in den Jahren 1893—1897.

Nr.	Datum	Zeit des Bebens MOZ. Tokyo.	Epizentrum	Ausgangspunkt
	1893	h m s	Nemuro	
1	Juni 13.	7 44 16 p.		
2	August 22.	9 37 55 a.		Tokyo
	1894			
3	Februar 20.	8 29 3 a.	Tokyo	
4	„ 25.	4 17 42 a.	Hakodate	
5	März 22.	7 27 49 p.	43° NBr. 146 ELg.	
6	Mai 10.	4 11 39 a.	Tokyo	
7	Oktober 7.	8 30 3 p.	„	
8	„ 22.	5 36 31 p.	Sakata	
9	November 28.	1 5 22 a.		Tokyo
	1895			
10	Januar 18.	10 48 24,5 p.	Chōshi (Musashi-Ebene)	
11	Juni 24.	1 47 57 p.		Tokyo
	1896			
12	Januar 9.	10 17 16 p.		Tokyo
13	Juni 15.	7 34 14 p.		Miyako
14	„ 16.	4 16 30 a.		Tokyo
15	„ 16.	8 1 14 a.		„
16	„ 17.	0 48 28 p.		Miyako
17	August 31.	4 42 11 p.	39° 30′ NBr. 140° 18′ ELg.	
18	„ 31.	5 9 33 p.	39° 30′ „ 140° 18′ „	
19	November 18.	11 8 19 a.		Tokyo
	1897			
20	Februar 7.	4 38 33 p.	39° 20′ NBr. 140° 41′ ELg.	
21	„ 20.	5 49 23 a.	38° 14′ „ 143° 47′ „	
22	August 5.	9 12 23 a.	38° 15′ „ 143° 15′ „	
23	„ 15.	4 53 33 p.	39° 6′ „ 143° 40′ „	
24	Oktober 2.	9 45 19 p.	39° 10′ „ 143° 26′ „	

man die Fortpflanzung der Wellen um die Erde auf dem größten Kreise zwischen Epizentrum und Station annimmt oder eine solche auf der zugehörigen Sehne durch das Erdinnere. Die Längen der beiden Wege sind unterschieden durch **d**, d. i. Distanz auf dem größten Kreise, und **s**, d. i. die Länge der Sehne. Außerdem ist die Entfernung in Bogengraden angegeben. In der Methode der Berechnung schließt

Prof. Rudolph sich derjenigen an, welche F. Omori zuerst verwendet hat.[1]) Die Zeiten sind, wenn nicht Ortszeit besonders bemerkt ist, im M. E. Z. ausgedrückt; die Stunden sind von 0h = Mitternacht bis Mitternacht gezählt. Es ist freilich nicht immer möglich, die Lage des Epizentrums, wenn dasselbe nicht auf das Festland der japanischen Inseln fällt, auch nur bis auf einige Grade genau festzulegen. In diesem Falle ist für die Berechnung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von denjenigen Daten ausgegangen, welche dem Seismogramme der dem Epizentrum am nächsten gelegenen Station entnommen werden konnten. Um diese Fälle deutlich hervorzuheben, ist in der Überschrift der betreffenden Tabellen nicht vom Epizentrum die Rede, sondern vom Ausgangspunkte. Als solcher ist stets eine seismische Beobachtungsstation genannt. Für fünfzehn von den im ganzen 24 Beben ließ sich die Lage des Epizentrums mit ziemlich großer Genauigkeit aus dem Verlaufe der Isoseisten feststellen. In diesen Fällen ist die Zeit des Bebens im Epizentrum aus dem Anfange der Störung auf der nächstgelegenen Station in der Weise berechnet, daß nach dem Vorgange von Omori für die Fortpflanzung der ersten seismischen Wellen eine Geschwindigkeit von 3.3 *km* in der Sekunde angenommen ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist aber dieser Wert zu gering und wird wohl bis auf 4 *km* in der Sekunde erhöht werden müssen. Omori geht nämlich von der Ansicht aus, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen im makroseismischen Schüttergebiete gleich derjenigen ist, welche den Wellen der fünften Phase der Fernbeben zukommt. Hierbei ist die unstreitig richtige Voraussetzung gemacht, daß beide Wellenarten sich in den obern Schichten der Erdrinde verbreiten. Neuere Erfahrungen, welche sich aus dem Vergleiche der Aufzeichnungen für vogtländische Erdbeben in Leipzig und Straßburg ergeben haben, machen es jedoch unzweifelhaft, daß schon für Entfernungen bis etwa 360 *km* vom Epizentrum die Fortpflanzungsgeschwindigkeit fast 4 *km* in der Sekunde erreicht und für größere Entfernungen bis zu 400 *km* sogar etwas über 4 *km*. Der größere Wert für die Geschwindigkeit der ersten Wellen ist lediglich eine Folge der Anwendung von Apparaten, welche wie das Pendelseismometer (System Wiechert) in Leipzig und das dreifache Horizontalpendel (System v. Rebeur-Ehlert) in Straßburg einen unvergleichlich höhern Grad von Empfindlichkeit gegen seismische Störungen besitzen als die Seismographen von Ewing und Gray-Milne, welche bis zum Jahre 1897 in Japan allein zur Verwendung kamen.

Höhenänderungen des Bodens infolge des Erdbebens vom 28. Oktober 1891 in Japan. Dieses Erdbeben, welches die alten Provinzen Mino und Owari in Zentralnippon verheerte, war eines der bedeutend-

[1]) Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign languages. Nr. 5. Tokyo 1901.

sten der letzten Jahrzehnte und hat an einzelnen Stellen dauernde Veränderungen der Bodenlage verursacht. Letztere sind durch Messungen, welche das geodätische Bureau des japanischen Generalstabes veranlaßte, und über die Sugiyama der geodätischen Konferenz zu Kopenhagen berichtet hat, festgestellt worden. Nach den Ausführungen von E. Hammer [1]) traf das Epizentrum nahezu mit einem wichtigen Nivellementsknotenpunkte zusammen (Kano bei Gifu, das die Mitte des epizentralen Gebietes bildet, liegt nur wenige Kilometer westlich oder nordwestlich davon in 35° 24′ N. und 136° 45′ Ö. Gr.); die nachnivellierten Linien gehen von ihm aus in vier Richtungen, und jede dieser Nivellementslinien ist über Punkte hinaus nachgemessen, an denen keine Änderung der Höhen gegen die frühern Zahlen mehr gefunden wurde, bis zu 80 *km* oder darüber, so daß es sich um ein sehr beträchtliches Gebiet handelt. Das Ergebnis ist, daß in einem Gebiete von 160 *km* größter Länge (in der Richtung NNW—SSO) jetzt im Vergleiche mit den Nivellierungszahlen vor dem Erdbeben 1891 sehr beträchtlich veränderte Höhen vorhanden sind. Die Änderungen gehen noch in 30 bis 40 *km* Entfernung vom epizentralen Gebiete über 10 *cm* hinaus; im Maximum sind die jetzigen Höhen um 77 *cm* größer, und dieser größten Hebung um 0.8 *m* steht eine größte Senkung von 0.4 *m* gegenüber, so daß hier eine mit großer Sicherheit nachgewiesene Veränderung der Höhen mit einer Amplitude von mindestens 1.2 *m* vorhanden ist.

Über die Energie großer Erdbeben hat in der ungarischen Akademie der Wissenschaften Prof. R. v. Kövesligethy sehr merkwürdige Untersuchungsergebnisse vorgetragen. Schon vor längerer Zeit war er zur Überzeugung gekommen, daß infolge der im Erdinnern absorbierten Energie gewisser großer Beben dort Massenumlagerungen verursacht werden, die sich in den Polhöhenschwankungen zeigen, die seit einigen Jahrzehnten die Astronomen und Geophysiker so lebhaft beschäftigen. Auf diese Schlußfolgerung ist selbständig auch der berühmte Erdbebenforscher J. Milne gekommen, der aus einer Zusammenstellung der Beobachtungen in den Jahren 1895 bis 1898 fand, daß mit der Zahl der großen, sich wenigstens über ganze Kontinente erstreckenden Erdbeben auch die Schwankung der Polhöhe zu- und abnimmt. Nach den Untersuchungen von Prof. v. Kövesligethy ergibt sich, daß bei 200 großen Erdbeben während der letzten acht Jahre die durchschnittliche Ausweichung des Poles 0.07 Bogensekunde beträgt. Aus diesem Datum berechnet der genannte Forscher daß die von den großen Beben durchschnittlich verrichtete Arbeit so groß ist, um die Erde gegen die Schwerkraft der Oberfläche um 1 bis 2 *mm* heben zu können. Hiernach würden etwa 1000 große Beben,

[1]) Petermanns Mitteil. 49. p. 284.

falls sich deren Arbeit an der Oberfläche äußerte, genügen, um das gesamte Wasser des Ozeanes aus der Tiefe bis an die Oberfläche zu heben.

Vulkanismus.

Die Anordnung der Vulkane bildete den Gegenstand einer literarischen Studie von Wachter.[1]) Die zurzeit bekannten etwa 145 tätigen Vulkane liegen größtenteils in gewisser relativer Nähe des Meeres. Den daraus früher gemutmaßten Zusammenhang derselben mit dem Ozeane hat die heutige wissenschaftliche Anschauung aufgegeben. Man denkt die Vulkane aus dem durch tangentiale Kraftwirkung eingeleiteten Prozesse der Schrumpfung und Faltung entstanden, indem sie gewissermaßen den stehengebliebenen Bruchrand der bei dem kontinentalen Faltungsvorgange tief aufreißenden Spalten repräsentieren, während der andere Spaltenrand, der radial wirkenden Kraft nachgebend, in die Tiefe fiel, wobei der Ozean nachstürzte und so weit landeinwärts vordrang, bis ihn der wulstige, aufgetriebene Rand der oft wunderlich geknickten und verworfenen Kolossalspalte daran hinderte, weitere Landstrecken der Kontinente zu verschlucken. Man kann heute die seismischen Bewegungen der Erdkruste einteilen in vulkanische Erdbeben, Einsturzbeben und tektonische oder Dislokationsbeben, denen sich etwa noch die sekundären Mitschwebungsbeben anschließen lassen, die man auch Relaisbeben genannt hat. Bezüglich der örtlichen Verteilung der heutigen vulkanischen Tätigkeit kann man drei charakteristische, durchweg meridional verlaufende Vulkanreihen feststellen, und außerdem drei vulkanische Querriegel, die den von Norden nach Süden verlaufenden Vulkanreihen diametral entgegenstehen. Die erste Reihe ist eine gewaltige Längsspalte oder vielleicht besser ein Spaltensystem, das, über einen ehemaligen Kontinent der Tertiärzeit an Europas und Afrikas Westküste entlang ziehend, wohl das Einstürzen des Atlantischen Ozeanes veranlaßte. Die zweite vulkanische Meridionalreihe setzt auf Kamtschatka mit einer Anzahl durchweg von Norden nach Süden geordneter, dauernd vulkanisch tätiger Kegelberge ein, erstreckt sich dann über die vulkanischen Kurilen und das mit aktiven Vulkanen ausgestattete Japan hinweg bis zu der meist aus Trachyten und Basalten aufgebauten Inselgruppe der Philippinen und endigt auf dem gleichfalls fortgesetzt tätige Vulkane tragenden Celebes, um danach in dem um diese vierte der Großen Sundainseln herumgruppierten, auch mit aktiven Vulkanen reich bedachten Komplexe der Kleinen Sundainseln auf den ersten mächtigen vulkanischen Querriegel zu stoßen, der von der Nordwestspitze Sumatras aus in durchweg östlicher Richtung mit etwa 25 eminent tätigen Feuerbergen bis nach Neuguinea

[1]) Zeitschr. f. ges. Naturwiss. 76. Globus. 85. p. 230.

ich erstreckt. Die dritte meridionale Vulkanreihe bildet eine fast von Pol zu Pol ziehende Riesenkette sowohl erloschener als auch noch tätiger Vulkane, im Mount Elias mit 60° nördl. Br. beginnend und mit dem etwa auf dem 45.° südl. Br. liegenden patagonischen Vulkanriesen Coreobado endigend. Diese Reihe wird von einem vulkanischen Querriegel etwa in der Mitte ihrer Ausdehnung getroffen, welcher noch immer einen Hauptherd intensiver vulkanischer Reaktion bildet, wie ja erst die jüngste Vergangenheit wieder zeigte. Der dritte vulkanische Querriegel wird von der ungeheuern Bruchfalte gebildet, welche heute etwa den Boden des Mittelmeeres, des Schwarzen Meeres, des Kaspi- und Aralsees darstellt.

Die alten vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. Die tiefe, kesselförmige Einsenkung in der Nähe von Nördlingen, welche das deutsche Juragebirge in zwei Teile trennt, ist längst als alte vulkanische Bildung erkannt worden. Der nahezu kreisförmige Kessel ist scharf von der umgebenden 100 bis 150 m höher gelegenen Fläche des Tafeljura geschieden und bildet insofern ein geologisches Rätsel, als die nähere Art und Weise seiner Entstehung streitig blieb. Genauere Untersuchungen über dieses Problem und überhaupt über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries hat W. v. Knebel (Erlangen) angestellt und jetzt über die Resultate seiner Forschungen berichtet.[1])

„In keinem der zahlreichen Gebiete vulkanischer Eruptionen, sagt er, durch welche zu tertiärer Zeit unser deutscher Boden beunruhigt wurde, begegnen wir so eigenartigen Spuren ihrer ehemaligen Tätigkeit als im vulkanischen Ries von Nördlingen.

In dem Kessel selbst und ganz besonders an seiner Peripherie ist an zahlreichen Punkten vulkanischer Tuff ausgeworfen worden, welcher meistenteils wohl die Auswurfskanäle selbst erfüllt, ebenso wie uns dies Branco in dem benachbarten Vulkangebiete von Urach an ca. 130 der sogenannten Vulkanembryonen Schwabens kennen lehrte. Nirgends im Ries ist mir eine Stelle bekannt, wo eine Auflagerung von vulkanischem Tuffe auf Nachbargestein erfolgt wäre. Niemals ist, wie es scheint, so viel ausgeworfen worden, daß dies hätte stattfinden können. Gerade so wie auf dem ebenen Boden der dem Ries so ähnlichen, wenngleich zumeist viel größern Mondkratere andere, verhältnismäßig winzige Kraleröffnungen vorhanden sind, welche mit der Entstehung der erstern nichts zu tun haben (denn sie sind sekundäre Bildungen), — gerade so verhält es sich mit den vulkanischen Tufferuptionen im Ries: so wichtig sie uns auch erscheinen mögen, für die geologische Entstehungsgeschichte dieses Gebietes bedeuten sie nichts anderes als das letzte Ausklingen einer Reihe schon lange zuvor begonnener ungleich gewaltigerer vulkanischer Phänomene. Diese Tufferuptionen im Ries sind nicht einmal den Vulkanembryonen Urachs völlig gleichzustellen: denn hier hat, wie Branco dartat, der Vulkanismus ohne vorherige Spalten sich den Weg durch die feste Erdrinde, gleichsam wie eine Kugel durch ein Blatt Papier hindurch, geschlagen. Anders im Ries; hier hat es einer derartigen Kraftäußerung nicht bedurft, denn lange zuvor hatte der Vulkanismus in anderer Weise den Boden dazu vorbereitet.

Durch vulkanischen Auftrieb, wie Koken sagt, oder durch einen in die Tiefe der Erdrinde sich einpressenden laccolithischen Schmelzfluß, wie Branco und Fraas meinen, ist ein Pfropfen von nahezu kreisförmigem Querschnitte — der heutige Rieskessel — hochgehoben worden. Ein Berg habe sich also an

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geol. Gesellschaft 55. p. 236.

der Stelle des heutigen Rieses aufgetürmt. Von den Höhen dieses Berges seien, so meinen Branco und Fraas weiter, Abrutschungen nach allen Seiten erfolgt und durch eine gewaltige Explosion, ähnlich der am Bandai-San, seien mit einem Schlage ungeheuere Schollen auf eine Anzahl von Kilometern beiseite geschoben worden. So seien die eigenartigen Überschiebungen älterer Gesteine auf jüngere, wie bei Hertsfeldhausen und am Buchberge, oder jüngerer Gesteine auf viel ältere, durch die Denudation bereits freigelegt gewesene Schichten entstanden.

Solche große Explosionen seien es auch gewesen, welche die oft sehr starke Zertrümmerung der Gesteine hervorgebracht haben. Die Felsenmassen sind vielerorts in kleine Bruchstücke zerschmettert; kalkhaltige Wasser haben die Fragmente wieder verkittet, so entstand das sogenannte Griesgestein, ein Zeuge explosiver, vulkanischer Tätigkeit. Durch Abrutschung und Explosion war somit das Riesgebiet zum Teile bis auf das Urgestein hinab abgetragen worden. Später aber hat es sich anscheinend noch gesenkt. Ein Kessel entstand an dessen Stelle: das Ries. In diesem sammelten sich die Wasser, einen See bildend, auf dessen Boden sich jüngere Sedimente niederschlugen. Ihre Höhenlagen zeigen an, daß auch in nachtertiärer Zeit noch Senkungen erfolgt sind. Aber trotz dieser Senkungen besteht die paradox klingende Tatsache: geologisch gesprochen ist der Rieskessel ein Berg.

Denn der Boden des Rieskessels, ja sogar die meisten der Berge in ihm bestehen aus Urgestein. Dieses liegt nun in der umgebenden Alb mehr als 400 m tief unter der Decke triassischer und jurassischer Sedimente verborgen. Wenn es hier in dem nur ca. 100 bis 150 m eingesenkten Rieskessel auf weite Strecken hin zutage liegt, so ist der Boden des Rieskessels gehoben. Das Ries ist daher in geologischem Sinne als Berg aufzufassen, auch wenn es topographisch als ein Kessel bezeichnet werden muß.

Der eigentliche Boden des Rieses, wie er nach Abschluß der vulkanischen Vorgänge aussah, ist größtenteils dem Auge des Forschers verborgen. Känozoische Bildungen verdecken den tiefern Untergrund. Erst nach deren Abtragung kann dermaleinst der Schleier über noch so manchem Geheimnis in der geologischen Geschichte des Rieses gelüftet werden.

„Das Ries ist," wie Deffner sagt, „eine in Sand und Schlamm versunkene Sphinx und gibt dem Forscher Rätsel auf, die nur durch anhaltende Bemühungen und nicht in kurzem Siegeslaufe zu lösen sind."

„An Bemühungen, die Riesprobleme zu ergründen, hat man es denn auch nicht fehlen lassen. Seit nahezu 70 Jahren wird an der Geologie des Rieses gearbeitet, und immer noch bieten sich neue Probleme, neue Tatsachen, neue Ergebnisse, deren Deutung für die Allgemeine Geologie von Interesse sind."

„Mit dem vulkanischen Riese", fährt W. v. Knebel fort, „steht ein anderes zu geologisch gleicher Zeit entstandenes Vulkangebiet in nächstem Zusammenhange. Dasselbe ist dem eigentlichen Riese vorgelagert; gleich dem Riese selbst ist es topographisch eine, wenn auch minder deutlich ausgesprochene Senke, welche das Riesgebiet im Süden halbmondförmig umgibt. Gümbel hat es als vulkanische Gürtelzone bezeichnet und mit dem Riese in direkte Verbindung gebracht. Branco und Fraas haben es aus bestimmten Gründen das Vorries genannt und ihm eine größere Selbständigkeit zugeschrieben.

Wie das Verhältnis beider Gebiete vulkanischer Tätigkeit auch sein mag, jedenfalls sind Ries und Vorries ganz analoge Gebilde.

In beiden Vulkangebieten hat sich die extrusive vulkanische Tätigkeit auf ihre explosive Seite beschränkt; nirgends sind größere Schmelzmassen dem Erdinnern entquollen. In beiden Gebieten kommen jene durch große Explosionen zerschmetterten Gesteine vor, welche unter dem Namen Gries bekannt sind. In beiden Gebieten haben wir dislozierte Massen, welche man als Überschiebungen bezeichnen muß. In beiden Gebieten endlich haben, wie hier gezeigt werden soll, in nachtertiärer Zeit Einsenkungen stattgefunden. Ries

ıd Vorries sind demnach einander sehr ähnlich; aber doch wiederum auch ›deutend verschieden.

Einmal ist das Ries das große Vulkangebiet, an welches das viel unbeэutendere Vorries sich — wenigstens in topographischem Sinne — parasitär ɑschmiegt. Sodann haben die vulkanischen Kräfte im Ries die ganze Decke ıesozoischer Sedimente entfernt. Im Vorriese dagegen hat der Vulkanismus ieselben nur zu zerrütten, nicht aber wegzuschaffen vermocht. So betrachten ir das Vorries als das Produkt einer dem Riese zwar gleichartigen, aber viel nbedeutendern Erscheinungsform des Vulkanismus. Da derselbe im Vorriese icht in gleichem Maße zerstörend gewirkt hat als im Riese selbst, so kann man ɑch hier viel eher Studien über die besondere Wirkungsweise und Aufeinander›lge der vulkanischen Vorgänge machen: Was im Vorriese gering auftritt, ist n Riese gigantisch; was der Vulkanismus im Riese vollendet hat, ist im Vorriese ur angedeutet. Das Ries ist ein vollendetes Vorries, das Vorries ein in embryoalem Zustande abgestorbenes Ries. Die Erkenntnis der relativ einfachen Verältnisse im Vorriese bietet daher auch wohl den Schlüssel für das Verständnis ler ungleich kompliziertern Erscheinungen des Rieses.

Namentlich gilt dies in bezug auf die Erkennung von Alter und Reihenolge der Erscheinungen, in welchen der Vulkanismus umgestaltend wirkte. Hier im Vorriese brandeten an den Jurahöhen zu miozäner Zeit die Meereswogen. Marine Sedimente bildeten sich. Ihnen folgten in obermiozäner Zeit Süßwasseranlagen. Aus der Kenntnis des Alters und der Aufeinanderfolge der Schichten kann man auf das Alter und die Aufeinanderfolge der vulkanischen Vorgänge schließen.

Sodann vermögen wir aus den Studien im Vorriese über die Vergriesung uns ein Bild von der Art und Weise dieser gewaltigen Explosionen zu machen.

Endlich ist auch im Vorriese die Möglichkeit gegeben, das Auftreten des vulkanischen Tuffes und dessen Bedeutung in der Gesamtheit der komplizierten vulkanischen Phänomene zu erkennen."

Diese drei Hauptpunkte werden nun nach v. Knebel an der Hand seiner Untersuchungen eingehend erörtert und die daraus sich ergebenden Folgerungen gezogen. Was das Vergriesungsphänomen und gewisse damit verbundene Überschiebungen der Schichten anbelangt, so sind folgende die Hauptergebnisse v. Knebels: „1. Durch große Explosionen — höchstwahrscheinlich, wie Branco dargelegt hat, durch den Kontakt glutflüssigen Magmas mit unterirdischen Wasseransammlungen hervorgebracht — wurden die Vergriesungsgebiete durch Emporschleudern der ganzen Schichtenmassen geschaffen. 2. Bei diesem Vorgange wurden große Schollen im Riesgebiete viele Kilometer weit auf das Nachbargestein übergeschoben. Es entstanden jene rätselhaften Überschiebungen, wie z. B. die Buchberg-Beiburg-Überschiebung, die von Hertsfeldhausen, sowie die der Karksteine, des Käsbühls und Sigart. Auch im Vorries fanden, wie die geologischen Studien bei Dischingen zeigten, Überschiebungen, wenn auch in kleinerm Maßstabe, statt. 3. Die Zeit, in welcher die Vergriesung und die Überschiebungen geschahen, ist postmittelozän, jedoch präobermiozän, dies wurde durch ein Tertiärprofil in der Schlucht von Dischingen erwiesen und wird durch die zuvor erwähnten Überschiebungen ebenfalls bei Dischingen im Vorriese des weitern bestätigt. Denn es sind hierselbst vergrieste Massen auf die obere mittelmiozäne Masse überschoben worden."

Die beschriebenen Wirkungen großer Explosionen wurden offenbar durch Heraufsteigen vulkanischer Magmamassen aus der Tiefe hervorgerufen. „Bei diesen Explosionen", fährt v. Knebel fort, „ist anscheinend ein großer Teil der dem Magma ursprünglich innewohnenden Energie verbraucht worden, so daß unmehr eine Ruhepause in den vulkanischen Vorgängen im Riese eintrat. Jedoch waren damit die vulkanischen Kräfte keineswegs erschöpft, vielmehr kam es noch zu zahlreichen vulkanischen Eruptionen, deren Produkte uns in dreierlei verschiedener Gestalt entgegentreten. Man muß folgende drei

Arten extrusiver vulkanischer Tätigkeit im Riese unterscheiden: 1. reine Gaseruptionen, 2. liparitische Tuffe, 3. Lavaergüsse.

Alle diese extrusiven, vulkanischen Vorgänge stellen einen neuen Abschnitt in der geologischen Geschichte dar, welcher von vulkanischen Explosionen zu trennen ist. Denn von diesen hat Branco dargetan, daß es sich hier wahrscheinlich um nichts anderes als „Kontakt"-Explosionen handelt, welche also nur eine mittelbare Wirkung der vulkanischen Kräfte darstellen. Die nunmehr zu besprechenden vulkanischen Eruptionen sind dagegen wohl als eine Folge der explosiven Kraft des gasreichen Magmas selbst anzusehen.

Die Gaseruptionen unterscheiden sich von der „Kontakt"-Explosion durch ihre räumliche Beschränkung, welche ihnen den Charakter echter vulkanischer Tuffe verleiht. Das Vorhandensein solcher reinen Gaseruptionen im Riese ist früher nicht bekannt gewesen. Erst durch die Studien von Branco und E. Fraas sind dieselben erkannt worden. Diese Autoren beobachteten in den durch vulkanische Kräfte aufgepreßten Graniten des Vorrieses, sowie auch an einzelnen Punkten im Riese selbst, daß der Granit von gangförmig auftretenden Massen zerstiebten Urgesteinmateriales durchsetzt wird. Diese nennt Branco „granitische Explosionsprodukte" und begründet diese Bezeichnungsweise. Da aber die granitischen Explosionsprodukte von den übrigen (liparitischen) Tuffen des Riesgebietes sich nur durch den Mangel an Auswürflingen vulkanischen, d. h. magmatischen Materiales unterscheiden, so könnte man ihnen, wie v. Knebel ausführt, immerhin im Gegensatze zu den letztern auch den Namen „granitische Tuffe" geben. Diesen Ausdruck hält er deswegen nicht für ungenau, da nicht einmal größere Auswürflinge granitischen Schmelzflusses als Granite, sondern als Liparite erstarren müßten, noch viel weniger als die zumeist fein zerblasenen Massen; denn ein solches Magma könnte bei der sehr schnellen Erstarrung, welcher ausgeblasenes Material notwendig unterworfen ist, nicht die Tiefgesteinsstruktur der Granite annehmen. Daher glaubt er, daß der Ausdruck „granitischer Tuff" besser ist als „granitisches Explosionsprodukt". Diese Art vulkanischen Tuffes ist durch die zahlreichen Einschlüsse verschiedener Urgesteinsvarietäten und Gneis in einer roten, erdigen, oft stark zurücktretenden Grundmasse charakterisiert.

Branco sprach, auf mehrere Gründe gestützt, die Vermutung aus, daß diese rote Grundmasse wahrscheinlich nichts anderes als ein durch die Explosion zerblasener Granit und nicht, wie man vielleicht meinen könnte, ein völlig zersetzter rhyolitischer Tuff sei. Eine Schlämmung dieser Grundmasse, welche Schowalter im mineralogischen Institute der Universität Erlangen ausführte, und der Verf. mitteilte, hat die Ansicht Brancos bestätigt. Es ergab sich, daß diese Masse ganz ausschließlich aus völlig zerriebenem granitischen Materiale besteht, und daß ausgespratzter Schmelzfluß dieser Masse nicht beigemengt ist.

W. v. Gümbel hat die granitischen Explosionsprodukte nicht von dem Granite getrennt, in dem sie auftreten, sondern das Ganze als Granit in den geognostischen Kartenblättern eingetragen, obwohl sie stellenweise Einschlüsse jüngern Gesteines enthalten. Ohne die Ausdrücke „granitische Explosionsprodukte", „granitische Tuffe" zu beanstanden, möchte v. Knebel dieselben hier vermeiden, da durch weitere Beobachtungen über diese Erscheinungsform extrusiver, vulkanischer Tätigkeit ihm andere Vorkommen bekannt wurden, welche hinsichtlich ihrer Entstehung von den granitischen Tuffen sich nicht unterscheiden, jedoch so viele andere Einschlüsse jüngern Gesteines führen, daß das Urgesteinsmaterial im Verhältnisse zu letzterm völlig zurücktritt. Solche Tuffe kann man daher kaum mehr als granitische bezeichnen; deswegen wendet er den ganz allgemeinen Ausdruck „reine Gaseruptionen" an, welcher nichts in bezug auf das ausgeworfene Gesteinsmaterial aussagt, sondern nur andeutet, daß, abgesehen von den hervorgebrochenen Gasen, kein vulkanisches Material, d. h. also kein Magma, ausgeworfen wurde.

Die häufigste Erscheinungsform des extrusiven Vulkanismus im Riese sind gewisse Tuffe, die man früher einfach als vulkanischen Tuff oder Traß be-

zeichnete. Letztern Namen hat jedoch schon Cotta für unzweckmäßig gehalten, da das unter dem Namen „Traß" bekannte Gestein des Brohltales mit dem vulkanischen Tuffe des Rieses nicht identisch ist. Zum Unterschiede von den „Bläsern", den reinen Gaseruptionen, bzw. granitischen Explosionsprodukten hat Branco den von jeher bekannten vulkanischen Tuff des Rieses als „liparitischen Tuff" bezeichnet.

Dieser liparitische Tuff ist nach v. Knebel ebenso wie die „reinen Gaseruptionen" von dem Vergriesungsvorgange und von dem gleichzeitigen Überschiebungsakte durch ein Zeitintervall getrennt. Dies haben schon Branco und Fraas angenommen.

Sehr wohl für denkbar hält v. Knebel, daß alle diese Tuffe des Riesgebietes an Ort und Stelle hervorgebrochen und in die gewaltig großen, vulkanischen Essen zurückgefallen sind. Die Tuffe besitzen also seines Erachtens eine durchgreifende Lagerung und sind nicht deckenförmig gelagert, wenigstens ist noch niemals solches nachgewiesen worden. Damit soll aber keineswegs gesagt sein, daß es niemals Tuffdecken im Riese gegeben habe; sie könnten ja bereits der Abtragung zum Opfer gefallen sein. Indessen dürfte wohl niemals so viel ausgeworfen worden sein, daß größere Decken zustande gekommen wären, sonst würde man wohl Reste derselben antreffen müssen.

Was die Ursachen der extrusiven, vulkanischen Tätigkeit im Riese anbelangt, so äußert sich v. Knebel darüber in folgender Weise: „Die vulkanischen Eruptionen sind nicht wie die Vergriesung auf „Kontakt"-Explosionen zurückzuführen, sondern sie sind wohl als eine Folge der explosiven Kraft des gasreichen Magmas selbst anzusehen. Für diese Annahme spricht der ungemein hohe Wassergehalt, welcher vielen der ausgeworfenen Schlacken eigen ist. Das in den Lavaauswürflingen des Rieses eingeschlossene Wasser ist wahrscheinlich ursprünglich im Magma selbst gelöst enthalten gewesen; bei dem allmählichen Erstarren desselben frei werdend, mag es das Herausspratzen vulkanischen Tuffes bewirkt haben. Jedenfalls glaube ich nicht annehmen zu dürfen, daß auch bei der Entstehung der vulkanischen Tuffe „Kontakt"-Explosionen mitgewirkt haben, wie sie zur Erklärung des Vergriesungsphänomens angenommen werden mußten. Denn bei solchen Explosionen wäre es kaum erklärlich, wie Gase in den Schmelzfluß selbst hätten gelangen können, da dieselben sich doch nach oben Bahn brachen.

Deswegen müssen meines Erachtens die Eruptionen im Riese von den „Kontakt"-Explosionen genetisch scharf getrennt werden, wie auch Branco schon die letztern als zeitlich den erstern vorangehend, als zwei verschiedene Ereignisse annimmt. Meine Studien haben ergeben, daß nach Beendigung der großen „Kontakt"-Explosionen eine Zeit der Ruhe eintrat, nach deren Verlauf erst die extrusive, vulkanische Tätigkeit begann.

Drei Ereignisse sind also auseinander zu halten, erstens das Aufsteigen lakkolithischen Schmelzflusses, zweitens die „Kontakt"-Explosionen, welche die Vergriesung hervorriefen, drittens nach Ablauf einer, geologisch gesprochen, kurzen Ruhezeit die extrusive, vulkanische Tätigkeit.

In ihren Wirkungen waren die an zweiter Stelle genannten „Kontakt"-Explosionen am gewaltigsten. Einmal haben sie, abgesehen vom Riese selbst, im Vorriese bis zur Donau hin und vielleicht noch darüber hinaus große Gebiete erschüttert, es entstanden die Vergriesungsgebiete. Sodann haben sie Überschiebungen teils älterer Schollen auf jüngere, teils jüngerer auf ältere, durch die Abtragung bereits freigelegt gewesene verursacht. So die gewaltigen Überschiebungen des Buchberges und der Beiburg, welche sich als eine einzige noch in Zusammenhang befindliche Überschiebung herausgestellt haben, ferner die große Karkstein-Käsbühl-Sigart-Überschiebung, sowie die Überschiebungen von Hertsfeldhausen und der sogenannten Klippen im Westen des Rieses.

Minimal dagegen sind im Vergleiche zu letztern in ihren Wirkungen die Eruptionen des Rieses. Sie haben, wie Branco und Fraas schon hervorgehoben haben, einen embryonal-vulkanischen Charakter, gerade wie die Vulkan-

embryonen des Uracher Gebietes. Nur ist der Vulkanismus dort gewaltiger hinsichtlich der Wirkungen gewesen, er hat sich selbst Ausgang verschafft, unabhängig von Dislokationen in der Erdrinde. Hier aber war der Boden durch die „Kontakt"-Explosionen bereits zerrüttet. „Loci minoris resistentiae" waren sehr zahlreich vorhanden, so daß der Vulkanismus mit nur einem geringen Maße von eigener Arbeit sich den Weg durch die Erdrinde hindurchbahnen konnte. Hierauf möchte ich, wie oben erwähnt, die bedeutende Größe einiger der Eruptionsgebiete zurückführen.

In dreierlei verschiedener Form ist der Vulkanismus extrusiv geworden. Als Produkte reiner Gaseruptionen treten uns einmal die „granitischen Explosionsprodukte" des Rieses entgegen, sodann der höchst eigenartige, neu aufgefundene vulkanische Tuff von Zöschingen. Als liparitische Tuffe hat Branco die von jeher im Riese bekannten vulkanischen Tuffe von den granitischen gesondert. Meine Beobachtungen haben gezeigt, daß die beiden extrusiven vulkanischen Vorgänge zu geologisch gesprochen gleicher Zeit sich ereigneten. Das Altersverhältnis beider untereinander ist noch nicht sicher festgestellt.

Die dritte Form extrusiver, vulkanischer Tätigkeit, welche uns in dem Gesteine von Amerbach entgegentritt, bestand in einem Aufstiege von Rhyolithlava. Ob es aber zu einem Lavastrome gekommen ist, ist zweifelhaft, ja sogar unwahrscheinlich; denn der Vulkanismus hat sich im Riese eben vorwiegend von seiner explosiven Seite gezeigt.

Dies die Resultate, zu welchen die Studien im Riesgebiete bis jetzt geführt haben. Damit sind aber noch keineswegs alle Probleme gelöst, welche das Ries dem Geologen stellt; namentlich ist noch eine weitere Form vulkanischer Tätigkeit schwer zu erklären, das sind die Aufpressungen älterer Gesteine durch jüngere hindurch, von welchen Koken bei Hohlheim im Riese spricht, und welche auch Branco zur Erklärung der Granite des Vorrieses in der abnormen Höhenlage zwischen den Massen des obern Weißen Jura annimmt. Einzelbeobachtungen über dieses in seiner Wirkungsweise noch niemals studierte Phänomen bleiben weitern Studien vorbehalten."

Die Ausbruchsperiode des Mont Pelé 1902 bis 1903 und ihre Bedeutung für die Vulkanforschung. [1]) Die gewaltige Katastrophe, durch welche die Stadt St. Pierre mit allen Bewohnern den Untergang gefunden, steht in dieser Art einzig da, allein vom vulkanologischen Standpunkte aus hat dieser Ausbruch keine Erscheinungen gezeitigt, die nicht auch schon anderwärts bei Vulkanausbrüchen beobachtet worden wären. Darauf hat nachdrücklich der Altmeister der Vulkanforschung, Dr. A. Stübel, bestanden, und die Sachkenner konnten ihm nur beipflichten. Nachdem aber die jüngste eruptive Tätigkeit des Mont Pelé ihren Höhepunkt überschritten hatte, etwa seit August 1902, begann sich an dem Berge eine Neubildung zu zeigen, deren Auftreten man bis dahin niemals durch unmittelbare Beobachtung hatte feststellen können, und die gleichzeitig geeignet ist, helles Licht auf ähnliche vulkanische Bildungen zu werfen, welche wie ungelöste Rätsel an nicht wenigen Stellen der Erdoberfläche dem Forscher entgegentraten. Es ist wiederum Dr. Stübel, der die wahre Bedeutung dieser Erscheinung sogleich erfaßte und in einer wichtigen Abhandlung jüngst [2]) entwickelt hat.

---

[1]) Gaea 1904. p. 470.

[2]) Rückblick auf die Ausbruchsperiode des Mont Pelé auf Martinique, vom theoretischen Standpunkte aus. Leipzig 1904.

Das Phänomen, um welches es sich handelt, ist das allmähliche Emporwachsen und spätere Wiederverschwinden eines obeliskförmigen Felsens oder einer Felsnadel aus einem Staukegel oder vulkanischen Konus, der den alten Krater des Mont Pelé ausfüllte und seinerseits allmählich über den Rand des letztern emporgewachsen ist. Die beste Schilderung des Eindruckes, welchen diese ungeheuere Felsnadel auf den Beschauer machte, hat Georg Wegener gegeben, der zusammen mit Karl Sapper am 25. März 1903 den Vulkan besuchte und bis zu dessen Gipfel vordrang. Im folgenden ist seine Schilderung wiedergegeben, wobei zu bemerken, daß, was er Konus nennt, die Felsnadel selbst ist, während er den eigentlichen Konus, aus dem sie hervorragte, offenbar nicht zu Gesicht bekommen hat. „Was zunächst unsere Aufmerksamkeit einzig in Anspruch nahm (am Kraterrande stehend), war die Riesengestalt des Konus, der nunmehr plötzlich in fast schreckhafter Nähe und Größe zwischen den Nebeln vor uns stand. Aus den Tiefen des Kratergrabens stieg er empor zu einer Höhe, die mindestens 300 *m*, die Höhe des Eiffelturmes, erreichte, und dabei mit einer Steilheit der Wände, die auf der Rechten siebzig und mehr Grade betrug, zur Linken aber senkrecht, ja stellenweise überhängend erschien. Wir waren jetzt dicht an seinem Fuße, kaum 100 *m* von ihm entfernt, aber rätselhafter, unwahrscheinlicher als je zuvor, stand er vor uns und über uns. Man begriff nicht, wie ein steinernes Gebilde von solcher Steilheit und Höhe sich nur halten, geschweige denn, wie es entstanden sein könnte. Das allerdings erkannten wir auf den ersten Blick: die Anschauung, er sei aus übereinander gefallenen Blöcken gebildet, war unrichtig; der Konus war ein einheitliches Gebilde, das mit breiten, glatten Wandflächen aufstieg. Freilich wurde es dadurch nur um so rätselhafter."

Am Tage nachher hatte der Mont Pelé einen Ausbruch, den Wegener und Sapper aus 9 *km* Entfernung mit einem guten Touristenglase beobachteten. Bei demselben sahen sie längs den Wänden der Felsnadel bis fast zu der Spitze Glühpunkte aufleuchten, die aber nicht abwärts zogen, sondern an Ort und Stelle verharrten. Die Beobachter kamen zu der Überzeugung, daß an jenen Stellen Teile des äußern Mantels abgesprungen seien, und dadurch das glühende Innere der Felsnadel zutage getreten sei. So wurde den Beobachtern klar, daß diese letztere aller Wahrscheinlichkeit nach eine Lavamasse von sehr zäher Konsistenz war, die unausgesetzt langsam durch einen senkrechten Schlot herausgepreßt wird und beim Austritte an die Luft, außen wenigstens, erstarrt. Also eine Art ungeheuerliche Wurst von Lava."

Dr. Stübel macht darauf aufmerksam, daß nach den Angaben des französischen Geologen A. Lacroix der eigentliche Konus schon seit Mai 1902 vorhanden war, ein ungeheuerer Wulst aus Andesitlava, der wie ein an der Oberfläche gewölbter Kuchen den alten Krater im Innern ausfüllte, lange bevor der obeliskähnliche Felszacken aus ihm

emporwuchs. Der Lavakuchen wuchs allmählich empor, am 11. August hatte er, aus der Ferne gesehen, die Höhe des Kraterrandes erreicht. Mitte Oktober war er 90 *m* höher als dieser und zeigte einen Mittelzacken (Piton), der andere ähnliche erheblich überragte. Der Konus lag nicht zentral über dem alten Krater, sondern nordwestlich davon und der Felszacken erhob sich im nordöstlichen Teile des Konus. Dieser Zacken, der damals etwa 100 *m* Höhe besaß, ist nichts anderes als die Felsnadel, welche später noch an Höhe zunahm. Die Tatsache, daß die Nadel aus einem Konus, der von kohärenter Lava gebildet ist, sich erhob, wird auch von Edmund O. Hovey bestätigt, der von Nordamerika zur fachmännischen Untersuchung nach Martinique gesandt war. Nach seinen Angaben wuchs die Nadel seit Mitte Oktober so rasch empor, daß sie am 8. November 100 *m* Höhe zu haben schien. Während der Zeit vom November 1902 bis März 1903 war der Gipfel des Mont Pelé wie gewöhnlich um diese Jahreszeit von Wolken umhüllt, und deshalb konnte von der Felsnadel nichts Genaues gesehen werden. Ende März aber maß eine französische Kommission trigonometrisch die Höhe der Nadel über dem alten Kraterrande (Morne La Croix) zu 338 *m*. Nach Major W. M. Hodder, der von Santa Lucia (in 50 Seemeilen Entfernung) aus das Wachstum des Gipfelfelsens beobachtete, nahm die Nadel bis Ende Mai an Höhe zu, dann aber von Zeit zu Zeit ab, ohne daß er feststellen konnte, ob durch Einsturz oder Senkung der Unterlage (des Konus). Letzterer wuchs nach Giraud seit Mitte August augenscheinlich und hatte bis Ende dieses Monates 104 *m* an Höhe gewonnen, senkte sich dann nach dem heftigen Ausbruche des 2. September um 30 *m*, worauf die Höhe abermals zunahm, so daß das Gesamtwachstum des Domes oder Konus von Mitte August bis zum 1. Oktober 127 *m* betrug. Während dieses starken Wachstumes verschwand die Nadel, nachdem sie vom November 1902 bis Juli 1903 wie ein Leuchtturm den Gipfel des Mont Pelé geschmückt hatte. Näheres über die Art und Weise des Unterganges dieser einzigartigen, höchst merkwürdigen Schöpfung ist zurzeit nicht bekannt. Ein neuer Felszahn begann sich am 8. September an einer andern Stelle des Konus zu bilden, brachte es aber nur auf 20 *m* Höhe und ward seit dem 17. September nicht mehr gesehen. Das sind die Tatsachen der Beobachtung, die wegen der Unnahbarkeit des Objektes leider nicht so vollständig erscheinen als wünschenswert ist; vor allem wissen wir nichts Sicheres über die Wachstumsverhältnisse der Nadel in Beziehung zu der Höhenzunahme des Konus, noch auch ob die Nadel zerbrochen oder umgestürzt oder als Ganzes in den Konus zurückgesunken ist. Immerhin sind die Feststellungen, welche die verschiedenen Beobachter machen konnten, genügend, um die Bedeutung des ganzen Vorganges für die theoretischen Gesichtspunkte der Vulkanologie klar erkennbar zu machen. Dies durchgeführt zu haben, ist das Verdienst, welches Dr. Stübel sich in seiner neuen, oben erwähnten Studie erworben hat.

Er weist zunächst darauf hin, daß Hovey das Vorhandensein eines Kraters auf dem Staukegel ausdrücklich in Abrede stellt, obgleich die gewaltigen Dampfexplosionen aus dem Innern seiner Masse hervorbrachen. „Hierin," sagt Stübel, „erkennen wir eine völlige Übereinstimmung mit den Explosionserscheinungen aus der Staumasse des Georg I. auf Santorin im Jahre 1866. Auch hier geschah es, daß die Blockmassen, welche das Gipfelplateau des Georg I. bildeten, sich plötzlich hoben, seitlich auseinanderschoben und nach dem stattgehabten Ausbruche sofort wieder zusammenschlossen, ohne eine kraterartige Vertiefung zurückzulassen. Die geringe Kratereinsenkung, die der Georg I. noch gegenwärtig besitzt, ist erst im spätern Verlaufe der Eruption, wahrscheinlich durch den Erkaltungsvorgang des Berges selbst, ausgeblasen worden, und ähnlich wird es sich vielleicht auch am Mont Pelé zutragen.

So merkwürdig die obeliskartige Gestalt der hier zutage getretenen Staumasse auch ist, so wird gleichwohl das Befremden, das ihr Anblick erweckt, noch übertroffen durch dasjenige, welches uns das Wachstum des ganzen Gebildes aufdrängt. Das allmähliche Emporwachsen des Kegels bis zur Höhe von mehr als 500 *m* über seiner Basis im alten Kraterbecken des Etang Sec scheint sich in der Tat über einen Zeitraum von wenigstens elf Monaten erstreckt zu haben.

Das hervorgehobene langsame Wachstum steht durchaus im Einklange mit der monogenen Wirkungsweise der vulkanischen Kräfte, deren Eigenart es zu sein scheint, ihre Gebilde zwar in einer, aber gewiß häufig sehr lange dauernden Eruptionsperiode hervorzubringen. Wenn schon ein verhältnismäßig kleiner Staukegel der zweiten Eruptionsperiode eines Herdes fast ein Jahr lang unter fortwährender Bewegung im Wachstume begriffen war, um wieviel länger wird die Entstehungszeit eines monogenen Kolosses der ersten Eruptionsperiode eines Herdes zu veranschlagen sein?

Das langsame Wachstum des endogenen Staukegels erklärt sich vielleicht, wenigstens zum Teile, aus der Beschaffenheit des Förderschachtes. Der von der Kratermündung des Mont Pelé bis zur Tiefe seines Herdes hinabreichende Schacht mußte dem Aufsteigen des spezifisch schweren Magmas jedenfalls einen großen Widerstand entgegensetzen, denn man darf sich diesen Schacht doch keineswegs als eine glattwandige Röhre vorstellen, er wird vielmehr bald eng, bald weit, vielfach gekrümmt und verzweigt sein, was um so mehr in Betracht kommt, als seine Länge doch auf eine ganze Zahl von Kilometern veranschlagt werden muß, denn zwei bis drei Kilometer oder mehr liegen allein schon innerhalb des Berges, wenn man dessen submarinen Unterbau mit in Anschlag bringt.

Jedenfalls hat die Bildung des großen endogenen Staukegels mit seinem Gipfelfelsen unwiderleglich bewiesen, daß die plötzlich erwachte Eruptivkraft des Mont Pelèherdes nicht nur den Zweck hatte, Gase und Dämpfe abzuführen, sondern in der Tat die Ausstoßung

eines bestimmten Quantums Magma anstrebte, wie sich dies von vornherein erwarten ließ. Ob aber das Quantum, das der Tiefenschacht in sich aufzunehmen vermochte und zur Bildung des Domes notwendig war, demjenigen Magmaüberschusse des lokalisierten Herdes entspricht, der den Ausbruch vom 8. Mai hervorrief, oder ob nicht vielmehr damals ein weit größerer Magmaerguß unterseeisch stattgefunden hat, muß leider unentschieden bleiben. Für das letztere sprechen allerdings sehr gewichtige Anzeichen. Die Bildung des supramarinen Domes wäre also in diesem Falle nur als eine Entlastung des Herdes an zweiter Stelle aufzufassen. Daß Flankenausbrüchen Kraterergießungen nachfolgen oder umgekehrt die Kraterergießungen den Flankenausbrüchen, ist an den Kraterbergen anderer vulkanischer Herde wiederholt vorgekommen. Die Entstehung eines Staukegels aber über oder neben der Kratermündung unter Hervorbringung einer so bizarren Gipfelkrönung wie am Mont Pelé darf als eine Begebenheit angesehen werden, die in der Geschichte der Ausbrüche ein Analogon nicht besitzt.

Die überaus merkwürdige Begebenheit der Felsnadelbildung wird aber erst dadurch besonders bedeutungsvoll, daß sie uns klar vor Augen führt, wie analoge Gebilde größern Maßstabes, nämlich die Gipfelobelisken und Gipfelpyramiden so mancher alten monogenen Vulkanbaue entstehen konnten und höchstwahrscheinlich entstanden sind. Wie große Fragezeichen starrten bis jetzt diese steilwandigen Obelisken und Pyramiden, aufgebaut aus gebankten Laven und Agglomeraten, über den breit angelegten, sanft geneigten, meist radial gegliederten Massiven eines Quilindana, eines Cotacachi, eines Sincholagua, eines Rucu-Pichincha, eines Sajama, eines Casaguala und Quillpicasha usw. in die Lüfte, ohne daß wir eine befriedigende Antwort geben konnten; da erscheint plötzlich in der Bildung der Nadel die Lösung des Rätsels!"

Ein höchst beachtenswertes Seitenstück zu dem langsamen Aufsteigen und Aufwölben des Konus im alten Krater des Mont Pelé bilden die Vorgänge bei Santorin, und zwar sowohl diejenigen im Jahre 1707, als die der Jahre 1866 bis 1868. Im Mai 1707 hob sich aus einer Tiefe von 500 Fuß, von leichten Bodenerschütterungen begleitet, ein Felsen über die Meeresfläche, den man anfangs für ein Schiffswrack hielt, und an den Abhängen desselben hingen Austern. Bis zum Juni stiegen noch weitere Felsen empor, ohne Lavaerguß, doch wurden von der Felsmasse zuletzt Asche und glühende Steine ausgeschleudert. Im Jahre 1866 sah man am 4. Februar im Vulkanohafen an der Ostküste von Neo Kaimeni plötzlich ein Felsenriff, das sichtlich an Größe zunahm, und auf dem Bretter von Booten lagen, die früher an jener Stelle gesunken waren. Dr. Dekigala konnte sich diesen Felsen bis auf zehn Schritte nähern und beobachtete das Wachsen derselben, und zwar so rasch von der Mitte gegen den Umfang in Gestalt einer Halbkugel, daß das Auge nur schwer folgen konnte,

und erkannte, in welcher Weise sich die Blöcke aneinander reihten und das Ganze formierten. Die Gestalt der Insel war aber nicht kreisförmig, sondern mauerartig, und nachts glich sie einem großen brennenden Kohlenhaufen. Die Insel wuchs, indem an der Basis ununterbrochen Steine aus dem kochenden Wasser hervortraten, sehr ruhig, in langsamer, nie heftiger Weise, und ebenso gemäßigt war die brodelnde Bewegung des Meeres. Das Ganze erhielt den Namen Georgios, und dieser hatte am 12. Februar eine erste, heftige Eruption, der später andere folgten. Nach der Berechnung von Jul. Schmidt betrug die tägliche Volumenzunahme des Georgios von 1866 bis Anfang 1868 mindestens 3860000 engl. Kubikfuß. Die Höhe des Kegels war wechselnd und nicht immer zunehmend. Die Beobachtungen von Schmidt ergaben, daß die zentralen Teile des Berges periodisch sehr regelmäßig gehoben wurden. War die hebende Kraft sehr groß, so wurde das Blockterrain ganz hinausgeworfen, war sie mäßig, wurde es nur gehoben und teilweise durchbrochen, worauf es zu dem frühern Niveau zurücksank. Das sind Erscheinungen, wie sie der Konus im alten Krater des Mont Pelé jetzt auch gezeigt hat.

Die Felsnadel des Mont Pelé ist freilich nach kurzem Bestande wieder verschwunden, aber mit Recht sagt Dr. Stübel: „Wenn wie hier bei einer doch verhältnismäßig schwachen Tätigkeit des offenbar schon erschöpften Herdes eine Felsbildung in obeliskartiger Gestalt bis zur Höhe von etwa 300 *m* noch über die eigentliche schon 500 *m* hohe Staumasse emporwachsen konnte, warum sollten da nicht bei ähnlichen, aber hundert- oder tausendfach größern Eruptionsvorgängen — denn um solche hat es sich bei der Bildung der großen monogenen Bergmassive, wie die oben genannten, gehandelt — Gipfelkrönungen hervorgebracht worden sein, deren bizarre Formen sich bis auf den heutigen Tag erhalten haben?“

Man kann diese Frage nur im Stübelschen Sinne beantworten. Aber noch mehr. Man darf mit Bezugnahme auf die oben genannten Gipfelkrönungen und zahlreiche andere behaupten, daß diese Formen bei einer gewissen Konsistenz des Magmas sich viel häufiger bilden, als man bisher wußte. Wie als handgreiflichen Beweis hierfür vernehmen wir durch Dr. Paul Großer die Tatsache, daß fast gleichzeitig mit den Felsbildungen auf dem Gipfel des Mont Pelé an einem antipodisch gelegenen Punkte auf dem Merapi in Java ein ähnlicher vulkanischer Turm sich erhoben hat. Jetzt werden wir auch die von Dana auf Hawaii beobachteten Picks, sowie die turmdachähnliche Kuppe auf der Spitze des Vulkanes von Bourbon unter diese Kategorie von Vulkanbildungen zu rechnen haben, wenn auch vielleicht nur als Übergangsformen. Dr. Stübel führt in seiner Abhandlung eine Reihe südamerikanischer Vulkane durch eigene Zeichnungen und photographische Aufnahmen vor, welche ausgesprochene Gipfelpyramiden besitzen, die in ihrer Tektonik völlig übereinstimmen. Diese Vulkanberge passen aber ihrer äußern Form nach, wie der erste Blick zeigt,

recht wenig in das Schema, in das man die vulkanischen Schöpfungen bisher zu zwängen bestrebt war. „Um der Annahme nicht entsagen zu müssen,“ sagt Dr. Stübel, „daß diese Art von Bergen ihre Entstehung der allmählichen Aufschichtung in unermeßlich langen Zeiträumen verdankt, hat man sich vorgestellt, daß domförmige Berge, die, anstatt einen zentralen Krater zu besitzen, von einer hohen Felspyramide gekrönt sind, oder auch in ihrem ganzen Baue einer durch und durch festen Felspyramide gleichen, nur als die innern Kerne mächtig großer Kegelberge anzusehen seien, deren Umhüllung aus losem Materiale bestanden und im Laufe der Zeit abgetragen worden sei. Die Bankung, die auch diesen Felspyramiden oftmals eigen ist, war maßgebend für die Voraussetzung der sukzessiven Aufschichtung, und in Verbindung mit dem von altersher liebgewonnenen Glauben, daß Vulkane die über die Erdoberfläche verteilten „Sicherheitsventile“ für einen unerschöpflichen, in Pausen tätigen Herd wären, schien eine weitere Prüfung des Sachverhaltes völlig überflüssig. Man schwieg am liebsten über Bergformen, die sich nicht leicht in das aufgestellte Schema der sukzessiven eruptiven Schöpfungen einreihen ließen. Die Erklärung, die man sich für die Entstehung der Pyramidenberge zurechtgelegt hat, ist gewissermaßen ein Gegenstück zu der sicherlich nicht weniger unbegründeten Deutung der Calderen als Explosionskratern, die aus Kegelbergen dadurch entstanden seien, daß deren obere Teile nachträglich weggesprengt worden wären. Der Mont Pelé hat aus der Tiefe seines Herdes vernehmlich gesprochen! Der Konus mit seiner Felsnadel fordert von dem Vulkanologen, sich darüber zu entscheiden, ob er die mit dem lokalisierten und erschöpflichen Herde verbundene monogene Natur einer großen Gruppe vulkanischer Schöpfungen, die sich nur als mächtig große Abraumhaufen einer in den meisten Fällen einzigen Tätigkeitsperiode darstellen, als solche anerkennen will, oder ob er es vorzieht, bei der bisherigen Auffassung der „Vulkane“ als Vermittler einer unendlichen Reihe von Eruptionen zu verharren.

Die Pyramidenberge bilden eine Gruppe vulkanischer Baue, die, wenn auch an typischen Vertretern vielleicht weniger zahlreich, doch der der Kraterberge als genetisch gleich berechtigt an die Seite gestellt werden muß.

Die Bildung des Kegels und seiner Felsnadel ist also aus einer Äußerungsweise der vulkanischen Tätigkeit hervorgegangen, die unverkennbar die gleiche ist, wie die, welche auch mächtig große Berge hervorzubringen vermochte. Ob ein steilwandiger oder ein flacher Kegelberg entsteht, hängt wesentlich von dem Flüssigkeitszustande des Magmas ab, die Krater-, resp. Calderabildung aber von der Art des Rückzuges, die dem ersten gewaltigen Durchbruche des Magmas nach der Oberfläche folgte.“

Indem Stübel die bisher wenig beachtete Klasse von Vulkanbergen mit pyramidenförmig ausgebildetem, meist kraterlosem Baue

der äußerst umfangreichen Klasse der Kraterberge als genetisch gleichwertig an die Seite stellt, spricht er laut aus, daß der Krater genetisch und morphologisch betrachtet eine für die Äußerung eruptiver Tätigkeit völlig unwesentliche Bildung ist.

Er sagt: „Das Vorhandensein eines Kraters an vulkanischen Gebilden der heutigen Erdoberfläche ist für das Auftreten von Ausbruchserscheinungen durchaus keine Vorbedingung. Denn es gibt sehr viele und gerade sehr große Berge eruptiver Entstehung, die keine Krater besitzen, und an solchen, die sie aufzuweisen haben, geschehen die Ausbrüche häufig genug nicht durch die Vermittlung des Kraters, sondern außerhalb, oftmals in weiter Entfernung von diesem; auch haben gewaltige Ausbrüche glutflüssigen Magmas auf nichtvulkanischem, auf granitischem und sedimentärem Boden stattgefunden, ohne daß weite Kraterschlünde gebildet und zurückgeblieben wären.

Der Krater stellt sich bekanntlich dar als eine bald flach kesselförmige, bald mehr trichterförmige Vertiefung von sehr verschiedener Größe und Gestalt im Verhältnisse zu den Dimensionen der bergartigen Aufschichtungsmasse, in die sie eingesenkt ist. Es gibt große Berge mit kleinen Kratern und kleine Berge mit verhältnismäßig sehr großen Kratern.

Das Gestein des Berges, in welchem die Kratereinsenkung liegt, kann sowohl im glutflüssigen oder glutzähen Zustande ergossen und ausgestoßen, als auch im festen, als Sand, als Schlacken und loser Gesteinsschutt ausgeworfen worden sein; es umlagert und verschließt zumeist in geringer Tiefe die Mündung des Schachtes, der ehedem die Verbindung mit dem Herde herstellte, aus dem es selbst hervorgegangen ist. — Zur Entstehung von Kratervertiefungen können verschiedene Umstände mitwirken, aber nur ein Umstand kann bei monogenen Bauen, in denen Berge und Krater in inniger Beziehung stehen, als Grundursache angesehen werden, und dieser ist das plötzliche Zurücksinken eines Teiles der aufgeworfenen Bergmasse, zumeist des zentralen, in die Tiefe des Schachtes, und zwar gerade zu dem Zeitpunkte, in dem der Herd die Förderung seiner Füllmasse nach der Oberfläche einstellt, die erste Ausbruchsperiode eines lokalisierten Herdes ihren Abschluß findet. Die Kratervertiefung, welche Größe und Gestalt sie auch besitzen möge, ist daher niemals das Ergebnis aufbauender Kräfte, sondern stets die Folge von deren Ersterben innerhalb des lokalisierten Herdes und der damit verbundenen Nachsackung des Materiales im obern Teile des Tiefenschachtes. Wir bezeichnen solche Krater als Rückzugskrater, als Calderen.

Da der Rückzug eines Teiles der monogenen Bergmasse aber nicht in jedem Falle einzutreten braucht, sehen wir sehr viele und sehr große Vulkanberge, die überhaupt keine Kratereinsenkung besitzen, wenigstens keine solche, die als das Ergebnis eines Rückzuges in größerm Maßstabe gedeutet werden könnte.

Dagegen gibt es eine zweite Art von Kratereinsenkungen, nämlich solche, die im Verhältnis zur Größe der Bergmasse klein und unwesentlich erscheinen, und von denen an einem Berge zuweilen mehrere auftreten. Sie entstehen dadurch, daß sich Gas- und Dampfexhalationen, sowie kleinere Explosionen, die nicht vom Kraterschachte auszugehen brauchen, sondern lediglich Erkaltungserscheinungen der Bergmasse selbst sind, auf einen oder mehrere Punkte konzentrieren und dadurch kraterartige Vertiefungen im Laufe langer Zeiträume ausblasen. Manche Solfataren sind zu dieser Art von Kratern zu zählen.

Die mannigfaltigste Art von Kratern haben jedoch diejenigen Herde hervorgebracht, die sich nicht mit einem Ausbruche erschöpften, sondern in weit späterer Zeit wieder in Aktion traten und dann den früher gebildeten Krater, wie dies so häufig, vielleicht vorherrschend zu geschehen pflegt, aufs neue zum Schauplatze ihrer Tätigkeit machten. Wenn nun diese zweite Tätigkeitsperiode des gleichen Herdes einen neuen Berg aufwarf, so ereignete sich auch in diesem wieder, am Schlusse der neuen Ausbruchsperiode, der Vorgang des Rückzuges, der gleichfalls die Bildung eines Kraters häufig zur Folge hatte. Es ist dies eine dritte Art von Kratern, die der polygenen Aufschüttungskegel.

Da aber die Berge, welche durch eine solche zweite Eruptionsperiode aufgeworfen werden, an Größe weit hinter denen der ersten Ausbruchsperiode des betreffenden Herdes zurückzustehen pflegen, so sind auch ihre Krater von entsprechend kleinern Abmessungen. In dieser Art von vulkanischen Bildungen treten vorherrschend trichterförmige Kratereinsenkungen auf. Indem nun durch die zweite Tätigkeitsphase, wie dies häufig geschieht, eine bleibende Verbindung mit dem im Absterben begriffenen Herde herbeigeführt, ein sogenannter „tätiger Vulkan" gebildet wird, so gewinnt man durch die Vermittlung, welche der Krater für die nachfolgenden kleinern und größern Ausbrüche spielt, den Eindruck, daß er das wesentlichste Glied im Mechanismus der eruptiven Tätigkeit sein müsse."

Neben den großen Rückzugskratern der monogenen Bergmassive, den relativ weniger umfänglichen Kesselkratern sekundärer Herde und den einer häufigen Umgestaltung unterworfenen Trichterkratern der „tätigen Vulkane" ist eine vierte Art zu erwähnen, nämlich die Explosionskrater. „Wenn schon," sagt bezüglich ihrer Stübel, „die Bildung der zuerst erwähnten drei Kraterarten davon überzeugen mußte, daß die ganze vulkanische Tätigkeit, wie sie sich in den Schöpfungen der heutigen Erdoberfläche darbietet, ihren Ursprung nur in peripherischen, in erschöpflichen Herden haben kann, so sind die Explosionskrater doch gerade diejenigen, bei denen dieses Verhalten am schärfsten hervortritt. Und dies kommt daher, daß die Explosionskrater nur in sehr seltenen Fällen wirkliche Lavaergüsse

gehabt haben, daß ein zweiter Ausbruch an der gleichen Stelle, soweit uns bekannt, wohl noch nie beobachtet worden ist, und daß schließlich diese Explosionskrater ihrer Lage nach zumeist an Orten auftreten, wo sich ihre Beziehung zu ältern, größern Eruptionszentren am wenigsten verstehen läßt. Mit einem Worte, alle Wahrnehmungen scheinen sich hier zu vereinigen, um den Eindruck hervorzurufen, daß die Explosionen, welche diese Art von Kratern hervorbrachten, ihren Ursprung in sekundären, besonders engbegrenzten Herden haben, die mit einer solchen Explosion ihre erste und zugleich auch ihre letzte Tätigkeit entfalteten."

Dr. Stübel zögert nicht zu behaupten, daß vielleicht keiner der in historischer Zeit beobachteten Vulkanausbrüche der gesamten Erdoberfläche dem Geologen einen Dienst von größerer Tragweite geleistet hat als der Mont Pelé durch Hervorbringung seines Staukegels in Verbindung mit seinem Gipfelfelsen. Zwar lehre uns dieses Gebilde zunächst nur die Entstehung eines steilen bizarren Felsens, aber wenn wir erwägen, daß damit (auf dem Wege der Induktion) für eine große Klasse von Vulkanbergen eine klare genetische Deutung erschlossen wurde, die man ihr bislang zu geben zögerte, so werde man diesen Ausspruch nicht ungerechtfertigt finden. Dazu komme noch, daß wir den Staukegel auch zur Beantwortung der allgemeinern Frage heranziehen können, ob monogener oder sukzessiver Aufbau der Vulkanberge das maßgebende Moment für das Wirken der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart werden solle, von welcher dann wieder die Entscheidung über die Natur des Herdes abhänge, in dem der Sitz jener Kräfte vermutet werden darf.

Die Methode der streng wissenschaftlichen Erforschung des Vulkanismus sei mit Martinique und St. Vincent in ein neues Stadium getreten; sie sei eine zielbewußtere geworden. Der Geolog frage gegenwärtig an erster Stelle: haben bergartige Neubildungen durch Magmaergüsse stattgefunden, und wenn es geschehen, in welchem Größen- und Volumenverhältnisse stehen diese zu dem Gesamtbaue, den das gleiche Zentrum vorher in einmaliger oder mehrmaliger Tätigkeit hervorgebracht hat. Er verlange, wenn er nicht selbst an Ort und Stelle weilt, die genauen kartographischen und bildlichen Unterlagen, die ihn in den Stand setzen, solches zu beurteilen, um nicht allein aus dem Vergleiche einzelner Vulkanberge, sondern ganzer Vulkangebiete miteinander seine genetischen Schlüsse ziehen zu können. Dies aber sei unerläßlich, wenn wir zu einer befriedigenden und grundlegenden Vulkantheorie gelangen sollen.

Alle bergartigen Vulkanschöpfungen der Erde sprechen laut für die Wirkung einer in sich absterbenden Kraft lokalisierter und erschöpflicher Herde, und die letzten Ausbrüche des Mont Pelé (und der Soufrière von St. Vincent) haben, wie Stübel betont, das ihrige in diesem Sinne beigetragen.

Der Felszacken des Mont Pelé wird von A. Heilprin[1]) als Kern des alten Vulkanes angesprochen. Nach seiner Meinung war er aus der sehr zähen, sauern Lava gebildet, die sofort bei ihrer Ausstoßung erstarrte und unter dem Drucke der vulkanischen Kräfte vertikal in die Höhe getrieben wurde, anstatt wie normale Lavaströme auszufließen. Das ganze Aussehen des Felsobelisken, die deutlich verschiedene Beschaffenheit der zwei entgegengesetzten Flächen, das Fehlen fluidalen Überfließens und die scharfe Demarkationslinie zwischen der Basis des Gebildes und der umgebenden Masse sprechen eher mehr für einen alten, durch die Wärme metamorphosierten Felsen als für neugebildete und schnell erstarrte Lava. Ein solches Heben von Gebirgskernen in der Kraterachse eines Vulkanes ist auch bereits von einigen Geologen behauptet worden, so von Abich im Kaukasus und von Scrope für die Auvergne. Die Tatsache, daß die meisten Vulkane nach wechselnder Tätigkeitsdauer ruhen, und daß einige sich spät wieder öffnen in der Richtung der frühern Eruptionen, läßt nach Heilprin vermuten, daß von Zeit zu Zeit diese Pfropfen und Kerne aus der Krateröffnung an die Oberfläche emporgehoben werden und solche Türme bilden, wie sie der Pelévulkan gezeigt hat.

Die Hauptgruppe der Vulkanberge Ecuadors. Dr. A. Stübel hat eine Karte dieser Vulkane mit Begleitwort veröffentlicht, worin er zeigt, daß dieselbe ein äußerst instruktives Beispiel darbietet für die Äußerung regulärer Kraft in räumlich kleinen Abständen, für die deutlichen Anzeichen ihrer Abschwächung und ihres Ersterbens innerhalb begrenzter Zeiträume. Die Karte, im Maßstabe von 1 : 200 000, umfaßt die Vulkanberge Antisana, Chacana, Sincholagua, Quilindana, Cotopaxi, Ruminahui und Pasochoa. Diese sieben gewaltigen Vulkanberge erheben sich auf einer Fläche von nicht mehr als 3000 *qkm* Größe, die also noch nicht zehnmal so groß ist als der Flächenraum, den die Stadt London bedeckt. Und doch überragt der Gipfel des Cotopaxi um 1100 *m* die Höhe des Montblanc, und auch der Sincholagua würde noch über diesen hinausschauen, während Ruminahui und Pasochoa ihm an Höhe fast gleichkommen. Solche Vulkanberge stehen also auf verhältnismäßig kleiner Fläche zusammen. „Müßte hier nicht," sagt Dr. Stübel mit Recht, „wenn die glutflüssigen Massen aus einer wirklich beträchtlichen Tiefe emporzudringen gehabt hätten, schon ein Förderschacht genügt haben! Lehrt uns doch der Mond, daß auf seiner Oberfläche Kraterbildungen möglich waren, deren Abmessungen die obige Zahl um ein Mehrfaches übertreffen. Der Kraterzirkus des Kopernikus umfaßt, um nur ein Beispiel anzuführen, gegen 6000 *qkm*, und dabei liegt seine innere Kraterebene an 3000 *m* tiefer als das äußere Gelände seines Ringwalles. Schon die zumeist vollendete Kreisform solcher Kraterbildungen

---

[1]) Science 1904. N. S. 19. p. 800.

auf dem Monde sagt uns unwiderleglich, daß eine jede von ihnen, die umfänglichsten nicht ausgenommen, in ihrer radial größten Abmessung doch nur das Werk eines einzigen Ausbruches sein kann. Wie verschwindend klein sind aber die Gebilde des terrestrischen Vulkanismus, die auf die Gegenwart gekommen sind, einem Kopernikus gegenüber!

Ein so dichtes Beisammenliegen der Ausbruchszentren, wie es die Karte für diese sieben Berge vergegenwärtigt, und von denen ein jedes die schon recht beträchtliche Masse seiner Eruptionsprodukte zu einem 1500 bis 3000 *m* hohen Berge aufzustauen und aufzuschichten vermochte, läßt uns vor allem fragen, ob diese so dicht benachbarten Ausbruchszentren ihre Tätigkeit gleichzeitig begonnen haben, oder ob sie der Reihe nach in Aktion getreten sind

Um die Lösung dieser Frage anzubahnen, müssen wir für jeden der Berge aus seinen tektonischen und morphologischen Verhältnissen zunächst festzustellen suchen, ob er das Produkt einer einmaligen Tätigkeitsperiode seines Ausbruchszentrums darstellt, oder ob angenommen werden muß, daß er durch eine ganze Reihe von Ausbrüchen, die durch lange Pausen der Ruhe voneinander getrennt waren, aufgeschichtet worden ist.

Würden wir durch das Studium des innern und äußern Baues dieser Berge zur letztern Annahme geführt, so kämen wir zu der Schlußfolgerung, daß es sich bei ihrer Bildung nur um ein Wechselspiel fortdauernder Tätigkeit handelte, in welchem sich die sieben Ausbruchszentren ergingen und untereinander ablösten; die Frage nach einer gleichzeitigen oder ungleichzeitigen Aufschichtung der Bergmassen würde dann zu einer nebensächlichen, genetisch weniger bedeutungsvollen herabsinken."

Dr. Stübel hat aber in seinem Werke über die Vulkanberge Ecuadors in ausführlichster Weise dargelegt, daß jeder der sieben Berge seiner Hauptmasse nach das Produkt einer einzigen Ausbruchsperiode ist, in der sich der dem Epizentrum zugehörige Herd mehr oder weniger erschöpfte. Solche Vulkanberge nennt Stübel monogene. Die Bezeichnung monogen schließt nicht nur die Entstehung eines Berges in einer einzigen Ausbruchsperiode in sich, sondern setzt auch voraus, daß sich der Herd, aus dem die Masse des Berges hervorging, durch deren Förderung nach der Oberfläche zum größten Teile erschöpfte. Der Begriff des monogenen Vulkanberges ist daher keineswegs identisch mit dem der Quellkuppe oder dem des homogenen Vulkanes. Der monogene Vulkanberg kann sich ebensogut aus geflossenem als aus totem Materiale oder auch aus beiden zugleich aufbauen, sein Herd würde aber nach Stübel einen zweiten Berg gleicher Größe nicht hervorbringen können.

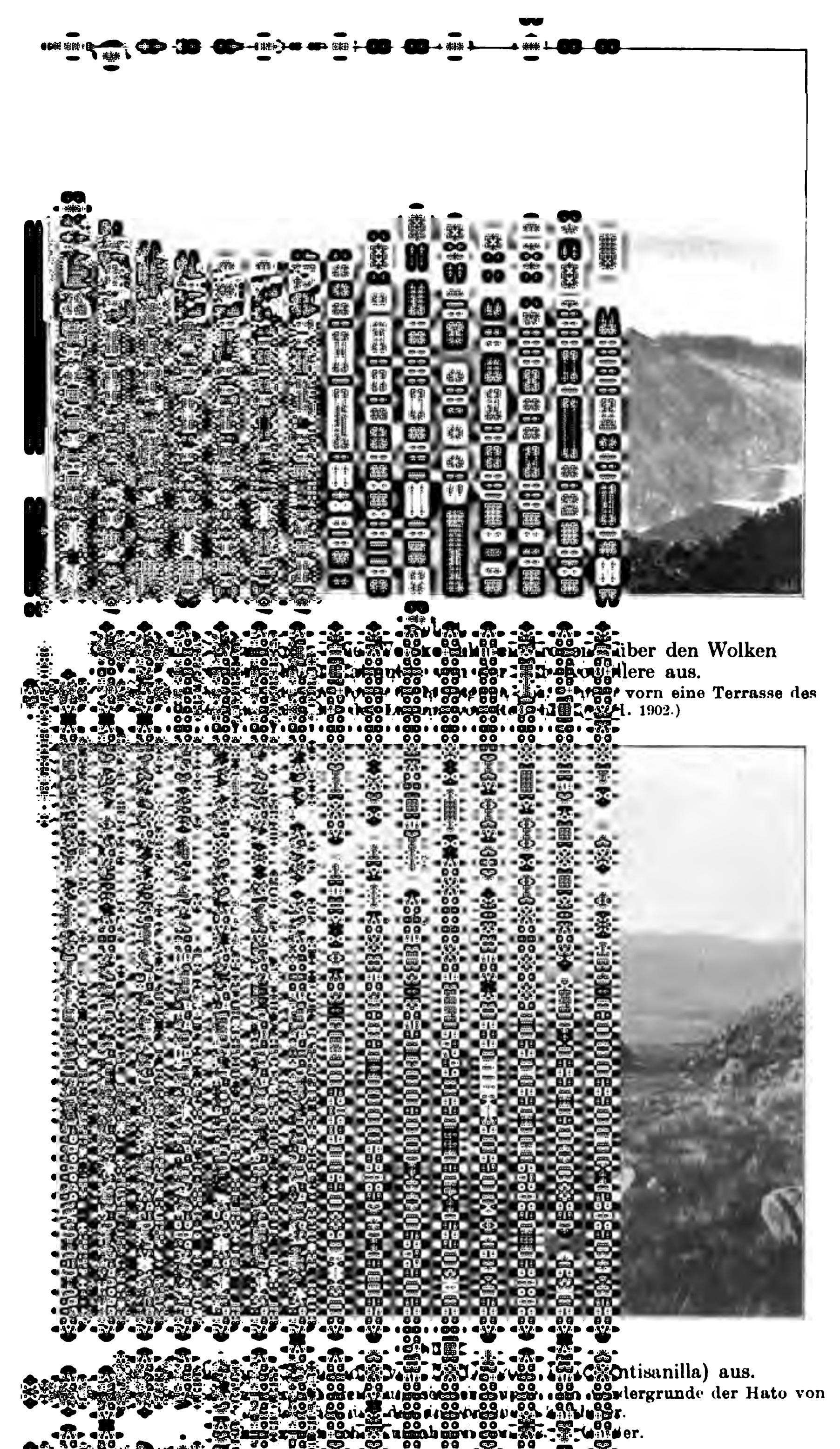
Von den oben genannten sieben Bergen haben nach Dr. Stübel nur drei, nämlich der Antisana, der Chacana und der Cotopaxi Hinzufügungen durch erneute Tätigkeit ihrer Zentren in späterer Zeit er-

halten; ohne jeden Zuwachs sind die übrigen vier Berge, Quilindana, Sincholagua, Ruminahui und Pasochoa geblieben. Es ist nun von Wichtigkeit zu untersuchen, wann und wie dieser Zuwachs der drei genannten Berge aus der Tiefe erfolgt ist, ob einmalig oder in getrennten Zeiträumen, ob bald nach der Entstehung des Hauptberges in grauer Vorzeit oder in einer der Gegenwart schon nahe liegenden Periode.

„Für Antisana, Chacana und Cotopaxi," fährt Dr. Stübel fort, „ist mit größter Bestimmtheit nachzuweisen, daß zwischen der ersten und der erneuten Tätigkeit aus der Tiefe, welche den Zuwachs lieferte, eine — selbst im geologischen Sinne gesprochen — überaus lange Pause verstrichen sein muß, und diesen für alle drei Berge übereinstimmenden Umstand betrachten wir als das wesentlichste Moment, das über das Verhalten der Eruptionszentren und ihrer Herde Aufschluß zu geben vermag, nachdem wir uns bereits vergegenwärtigten, daß auf der verhältnismäßig kleinen Fläche von 3000 *qkm* sieben Vulkanberge zusammengedrängt sind, und von diesen vier überhaupt eine Tätigkeit später nicht mehr entfaltet haben.

Es ist leicht einzusehen, daß Berge, wenn sie als mächtig große Abraumhaufen durch eine beträchtliche Zahl von Einzelausbrüchen aufgeschichtet worden wären, alle nach einem Schema als steile Kegelberge aufgebaut sein müßten. Dies ist aber hier nicht der Fall. Trotz der bankartigen Ablagerung ihrer Gesteinsmassen trägt jeder der sieben Berge die Eigenartigkeit seiner Entstehung an sich.

An den ältern der vulkanischen Schöpfungen überwiegt im allgemeinen die horizontale Ausdehnung die vertikale Erhebung. Nicht nur in Ecuador, sondern auch in andern Vulkangebieten gibt es eine große Zahl von Eruptionszentren, deren bergartige Baue ihre einheitliche Entstehung auf den ersten Blick erkennen lassen, und dieser Eindruck der tektonischen Einheitlichkeit ist es häufig gewesen, der solche Berge ganz unbedenklich als „erloschene Vulkane" bezeichnen ließ. Andere derselben Art haben erst in einer relativ sehr neuen Zeit einen weitern Zuwachs aus der Tiefe erhalten. Diese letztern stimmen unter sich darin überein, daß sich der spätere Zuwachs nicht als organisches Glied in den alten Bau einfügt, zumeist nicht einmal an der zentralen Ausbruchsstelle ergossen wurde, sondern ganz unvermittelt an irgend einem Punkte des einheitlichen Urbaues hervorgetreten ist, und zugleich quantitativ dem Urbaue gegenüber verschwindend klein erscheint. Aus diesem Gegensatze zwischen dem großen, in sich abgeschlossenen Urbaue eines jeden solcher Berge und dem quantitativ geringen Zuwachse, den einige von ihnen in neuer, zum Teil noch in geschichtlicher Zeit erhalten haben, dürfen wir gewiß mit vollem Rechte auf Lokalisierung und Erschöpflichkeit der Herde schließen, aus denen alle diese Baue hervorgegangen sind. Neue Ergießungen so geringer Magmamassen an beliebigen Punkten eines einheitlich aufgebauten Berges ältester Vorzeit würden mit so genauer



… über den Wolken
… dere aus.
… vorn eine Terrasse des
… l. 1902.)

… ntisanilla) aus.
… dergrunde der Hato von
… r.
… der.



Übereinstimmung in den verschiedenen Vulkangegenden nicht denkbar sein, wenn es sich dabei um die Reaktionen eines unerschöpflichen Zentralherdes handelte.

Daraus ergibt sich, daß alle diese Berge, sowohl jene, deren Herde sich mit dem ersten Ausbruche völlig erschöpften, als auch die, welche Ergußmassen nachträglich ausstießen, in ihrem Verhalten mit der Bedeutung „Vulkan“ im hergebrachten Sinne nicht übereinstimmen.“

Von den sieben Bergen entspricht nur der Cotopaxi in seiner heutigen Beschaffenheit der für polygene Vulkane typischen Kegelgestalt. Der Antisana, Ruminahui, Pasochoa und (weniger typisch) der Chacana gehören in die Klasse der Calderaberge, Sincholagua und Quilindana sind Strebepfeilerbaue mit Gipfelpyramiden.

Ein typisches Beispiel der Calderaberge, d. h. solche Vulkane, bei welchen nach Stübel der früheste Eruptionsschlund in Gestalt eines großen, an einer Seite offenen Zirkus noch erhalten ist, bildet der Antisana. Bei ihm ist der alte Kessel mit Gletschern erfüllt, und man hätte annehmen sollen, daß die neuern Ausbrüche innerhalb dieses Kessels vor sich gegangen wären. Dies ist jedoch nicht geschehen. Der Antisanaherd hat vier relativ kleine Lavaströme ergossen, und diese sind ohne jede Kraterbildung an den äußern Abhängen der Calderaumwallung hervorgebrochen, ohne daß sich dabei Eruptionskessel gebildet hätten. „Es war dies eine schnell vorübergehende Tätigkeit, und alle vier Ströme gehören unverkennbar einer und derselben Tätigkeitsperiode des Herdes an, auch wenn sie nicht gleichzeitig, nicht einmal im gleichen Jahrhunderte oder gleichen Jahrtausende ergossen sein sollten.“ So unermeßlich groß, betont Dr. Stübel mit Nachdruck, muß der Zeitraum veranschlagt werden, der beide Ausbruchsperioden der Herde, die erste und die, welche ihr zunächst folgte, voneinander trennt.

„Dem Antisana entstammen also mehrere Ausbrüche, aber die Art seiner Tätigkeit ist der des „tätigen Vulkanes“ nicht an die Seite zu stellen. Man gewinnt aus ihr vielmehr den Eindruck, daß es die letzten Reste eines beinahe erschöpften Herdes gewesen sein müssen, die hier zur Abführung gelangten. Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den großen historischen Lavaströmen des Chacanamassives. Der Austrittsort des ersten, des Antisanillastromes, dürfte mit dem Haupteruptionszentrum des Chacanabaues nahezu zusammenfallen; er könnte fast als ein Calderaausbruch bezeichnet werden. Als charakteristisch sei hervorgehoben, daß auch hier kein Aufschüttungskegel gebildet wurde. — Der Austrittspunkt des zweiten Stromes, des von Potrerillos, liegt vom mutmaßlichen Eruptionszentrum des Chacana, vom Ursprungsorte des Antisanillastromes, rund 13 *km* entfernt. Auch hier ist es nicht zur Bildung eines Aufschüttungskegels gekommen. Beide Lavaströme sind als gleichaltrig zu betrachten und datieren, wenigstens der erste bestimmt nachweislich, aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. — Ein dritter, aber kurzer und unbedeutender

Lavastrom, der von Cuscungo, brach am Südwestfuße der Tablarumifelsen, in der Nähe des Chacanagipfelberges hervor und verhielt sich den zwei großen Strömen insofern analog, als auch bei ihm weder eine Kraterbildung, noch die Aufschüttung eines Eruptionskegels zu bemerken ist. Was die Gesamtheit der vulkanischen Erscheinungen auf der Erde lehrt: die Abführung glutflüssiger Materie als Endzweck aller eruptiven Tätigkeit, wird also auch durch die Lavaergüsse des Antisana und Chacana, und zwar hier ganz im Kleinen, augenfällig bestätigt."

Auch der Cotopaxi hat eine große Pause der erstmaligen Erschöpfung gehabt. „Wenn man," sagt Stübel, „den stolzen Kegel vor sich sieht, könnte man glauben, daß er seine Tätigkeit in fernster Urzeit begonnen und bis auf den heutigen Tag periodisch fortgesetzt habe. Hierin aber würde ein großer Fehlschluß liegen; wir würden übersehen, daß der heutige Cotopaxikegel auf einem uralten Unterbaue fußt, und daß dieser unverkennbar bereits zerstört gewesen ist, bevor die Bildung dieses neuen Kegels ihren Anfang nahm, mit andern Worten, bevor die zweite Ausbruchsperiode des Herdes begann, die noch gegenwärtig fortbesteht und wahrscheinlich fortbestehen wird, bis der Herd erstorben ist."

So ergibt sich denn, daß von den sieben in Rede stehenden Vulkanbergen keiner sich mit der frühern Anschauung über das Wesen des irdischen Vulkanismus in der Gegenwart in Einklang bringen läßt. „Wenn nun auch", fährt Dr. Stübel fort, „für die Bildung dieser sieben dicht benachbarten Berge lokalisierte und erschöpfliche Herde vorausgesetzt werden müssen, so soll damit doch keineswegs gesagt sein, daß jeder derselben seinen eigenen, scharf umgrenzten Herd gehabt habe. Möglicherweise stehen mehrere der Berge über dem gleichen Herde, den man sich in der Tiefe als verzweigt vorstellen kann, oder doch über Kammern desselben, die untereinander schon damals nicht mehr kommunizierten, als das Hervorbrechen des glutflüssigen Magmas an der einen oder andern Stelle eintrat. Aus dem dichten Beisammenliegen der Vulkanzentren ergibt sich jedenfalls die sehr merkwürdige Wahrnehmung, daß ein Verbindungsschacht, den sich das glutflüssige Magma nach der Erdoberfläche bahnt, die Füllmasse des Herdinnern immer nur in einem relativ kleinen Bereiche zu entlasten vermag, und daß es solchen benachbarten Füllmassen weniger leicht wird, eine Verbindung seitlich miteinander herzustellen, als in vertikaler Richtung nach der Erdoberfläche hin sich einen neuen Schacht zu schaffen.

In ihrem innern tektonischen Baue, speziell auch in dem Überwiegen geflossener Massen gegenüber dem im festen Zustande aufgeworfenen Material, stimmen sechs von den Bergen so vollkommen überein, daß, wenn man den einen als monogen betrachtet, man auch den übrigen die monogene Natur zugestehen muß. Dazu kommt, daß diese sechs Berge unverkennbar auch den äußern zerstörenden Ein-

flüssen in gleichem Maße unterworfen gewesen sind, was trotz der Verschiedenartigkeit ihrer ursprünglichen Formen noch deutlich durchfühlbar geblieben ist. Aus dem letztern Umstande möchten wir schließen, daß, wenn sie auch aus verschiedenen Tätigkeitsperioden eines und desselben ausgedehnten Herdes stammen sollten, diese Perioden doch zeitlich so nahe beisammen gelegen haben, daß ihre Intervalle als verschwindend klein betrachtet werden müssen gegenüber der Länge der Zeitraumes, der seit der Bildung des jüngsten der sieben monogenen Berge vergangen ist."

Von den sieben Bergen haben nur drei, Cotopaxi, Antisana und Chacana, in einer der Gegenwart nahe liegenden Zeit jüngere Auswurfsmassen geliefert, die aber sicher wenigstens beim Antisana und Chacana durch eine unermeßlich lange Zeitperiode von der ersten Tätigkeit der Herde geschieden sind, weil die zweite Tätigkeitsperiode erst einsetzte, als die Gebilde ihrer ersten zum großen Teile schon wieder durch die Atmosphärilien zerstört waren. „Fassen wir," sagt Dr. Stübel, „die quantitative Geringfügigkeit der jüngern Ergußmassen, die getrennte Lage ihrer Ausbruchspunkte und den enormen zeitlichen Abstand des Beginnes der zweiten Ausbruchsperiode gegenüber den Schöpfungen der ersten zusammen, so müssen wir sagen, der Antisana und der Chacana sind tätige Vulkane im Sinne der alten Schule niemals gewesen, und der Cotopaxi ist es nur scheinbar; scheinbar deshalb, weil er zweifellos erst infolge eines zweiten Herdausbruches zum tätigen Vulkane geworden ist, durch den auch sein mächtiger Kegelberg im wesentlichen die Größe und Gestalt auf einmal erhielt, die er noch gegenwärtig besitzt. Dem Geologen kann die Wahrnehmung nicht entgehen, daß sich die Lavaströme aller spätern Eruptionen des Cotopaxiherdes zu dem in seiner Art gleichfalls monogenen Kernbaue des heutigen Kegels tektonisch genau so verhalten, wie die kleinen rezenten Antisana- und Chacanalavaströme zu den urzeitlichen Bergbildungen, an denen sie auftreten, wenn auch mit dem Unterschiede, daß die glutflüssigen Restbestände des Cotopaxiherdes weit größere geblieben sind als jene waren, und nun in einem leicht gangbaren Kraterschachte aufsteigen und zeitweilig über dessen Rand abfließen. Der Cotopaxi scheint in der Tat nur Kraterergießungen, keine Flankenausbrüche gehabt zu haben. Die jüngern Lavamassen, die unterhalb der Schneebedeckung des Cotopaxikegels fast rings um diesen hervortreten und stromförmige Ausdehnung zeigen, wurden, wie dies auch noch bei dem Ausbruche vom Jahre 1877 zu beobachten gewesen ist, über den Kraterrand ergossen. Die Steilheit der Hänge im obern Teile der Berges gestattet dem glutflüssigen Magma jedoch nicht, in geschlossenen Strömen abzufließen; es wälzt sich vielmehr in abgerissenen Partien über den Hang und häuft sich erst in dessen untern, weniger geneigten Teilen zu Sammelmassen an. Aus diesen gehen dann die Ströme hervor, die nun ganz den Eindruck von Flankenausbrüchen machen."

„Die drei Berge Antisana, Chacana und Cotopaxi sind nichts anderes als mächtige Abraumhaufen, deren Material aus Herden stammt, die sich mit dem ersten Ausbruche nicht erschöpften, sondern nach einer Pause von ungeheurer Dauer wieder in Tätigkeit treten mußten, während beim Sincholagua, Quilindana, Ruminahui und Pasochoa die Erschöpfung der Herde schon mit dem Abschlusse ihres monogenen Aufbaues eine vollständige war. Wenn sich aber die zweite Ausbruchsperiode eines vordem mächtigen Herdes durch so geringfügige Ergußmassen charakterisiert, wie dies so augenfällig am Antisana und Chacana geschieht, so darf man mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen, daß ein wirklich gewaltiger Ausbruch dieses Zentrums nie mehr eintreten wird, daß dasselbe vielmehr gänzlich erstorben ist. Es liegt hier einer der seltenen Fälle vor, in denen eine Prognose wissenschaftlich zulässig erscheint, denn sie gründet sich auf die Auffassung der vulkanischen Erscheinungen ihrem innern Zusammenhange nach; sie wäre aber nicht zulässig bezüglich eines Cotopaxi, eines Vesuvs, eines Ätna, eines Stromboli, eines Mont Pelé u. a. m., deren Tätigkeit lediglich als die Fortsetzung der durch eine gewaltige Neubildung eingeleiteten zweiten Eruptionsperiode ihrer zwar erschöpflichen, aber noch nicht völlig erschöpften Herde angesehen werden muß.

Die Eigenartigkeit des Cotopaxiherdes liegt also darin, daß er im strengen Gegensatze zum Antisana- und Chacanaherde durch einen ausnahmsweise großen Restbestand an aktionsfähigem Magma zur Bildung eines zweiten monogenen Berges von bedeutenden Dimensionen befähigt war und in einer von diesem vermittelten und noch fortdauernden Tätigkeit geblieben ist.“

Das Ergebnis seiner Studien faßt Dr. Stübel schließlich in folgender Darlegung zusammen:

„Die hier kurz besprochenen Tatsachen lassen es als überaus zweifelhaft erscheinen, daß es „Vulkane“ im Sinne der ältern Auffassung, welche ihnen eine das tiefe Erdinnere periodisch entlastende Rolle beimißt, überhaupt gibt oder in der Zeit noch gegeben hat, welche für den Ausbau der heutigen Erdoberfläche durch das Wirken eruptiver Kräfte in Betracht kommt. Wer an dem Worte „Vulkan“ für die durch eruptive Tätigkeit aufgebauten Berge festhalten will, muß jedenfalls einen andern Begriff damit verbinden als jenen, an dem man bisher mit Vorliebe festgehalten hat; er darf nicht vergessen, daß der Zweck der Eruption allem Anscheine nach lediglich die Ausstoßung glutflüssigen Magmas ist, und dessen plateauartige Ausbreitung die normale Ablagerungsform darstellt, die bergartige Aufschichtung der Eruptivprodukte dagegen erst dann eintritt, wenn sich ein Herd seiner Erschöpfung nähert und diese, durch äußere Umstände bedingt, allmählich, das heißt mit vereinzelten Ausbruchserscheinungen, vor sich geht. Der monogene Aufbau der Vulkanberge und die bei so vielen derselben nachzuweisende lange Pause

nach erstmaliger Erschöpfung ihrer Herde sind zwei Faktoren, mit denen wir bei der Aufstellung einer Vulkantheorie in erster Linie zu rechnen haben. Die idealste Verkörperung dieser beiden Faktoren erblicken wir in dem auf der Erde allerwärst auftretenden Somma-Vesuvtypus der eruptiven Schöpfungen, und die Besiegelung des lokalisierten und erschöpflichen Herdes in der tausendfachen Wiederkehr dieses Typus auch auf dem Monde."

Die Vulkanberge der ecuatorianischen Anden hat Dr. P. Grosser untersucht und über seine Forschungen einen vorläufigen Bericht gegeben.[1])

In der interandinen Talmulde, sagt Dr. P. Großer, der lang gestreckten Wannenreihe zwischen der westlichen und der östlichen Kordillere haben sich Flüsse tief eingegraben und legen prächtige Profile frei, welche 700 und 800 *m* hinab in den Schichtenbau einzudringen erlauben, ja mit den Bergen, welche sich an den Ufern unmittelbar über die Talmulde erheben, eine Vertikaldistanz von der doppelten Größe dem Auge aufschließen. In enormer Mächtigkeit zeigen sich die hier Cangahua genannten Vulkanprodukte: ein Wechsel von Tuffen, Geröllen und Schuttmassen. In überwältigender Großartigkeit eröffnet sich auf dem Wege zur nördlichen Provinz Imbabura das Guaillabambatal dem Blicke des Reisenden, sei es, daß er die Verbindung über Alchipichi oder die über Guaillabamba wählt. Auf jener sieht man sich in ein Hochgebirgstal versetzt, auf dieser gewahrt man den Fluß in eine Ebene eingesägt, genau wie der Rhein in das Abrasionsplateau des Schiefergebirges eingeschnitten ist. Im schroffsten Gegensatze zu dem einfachen Taleinschnitte oberhalb Guaillabambas steht die reiche Gliederung im Kessel von Guaillabamba selbst, wo kegel- und rückenförmige Erosionsreste wie Zeugen aus der breiten Talsohle hervorragen.

Der höchste Berg der Provinz Imbabura ist der Cotacachi (4966 *m*). Zahlreiche, zum Teile auch in gewaltige Höhen ragende andere Vulkanberge sind ihm benachbart; greifen wir den Imbabura (4582 *m*) heraus; beide haben eine sehr ähnliche, interessante Gliederung. Auf einem aus soliden Laven bestehenden Unterbaue erhebt sich, topographisch deutlich davon getrennt, ein kleinerer Agglomeratgipfel. Er besteht aus einem eigentümlichen, wirr durcheinander liegenden Blockwerke fest miteinander verbundener großer Felsen und kleiner Brocken. Sie sind von schlackiger Beschaffenheit, im Aussehen weder verschieden von ausgeworfenen Rapillen, noch vom Oberflächenschutt von Lavaströmen. Der schwierigen Entscheidung der Art ihrer Entstehung kommen Stellen am Imsabura zu Hilfe, wo sich flatenartig ausgebreitete, scheibenförmig flache, geflossen aussehende, dünne Fragmente am Aufbaue beteiligen. Sie sprechen gegen Auswurfsmassen, eine Auffassung, welche durch den völligen Mangel feiner Asche einige Unterstützung erhält. Man muß sie vielmehr als Lavaagglomerate ansehen. Eine deutliche Schichtung, die auch an andern Bergen, namentlich am Cerro Puntas, nicht ganz so augenfällig am Ruminahui auftritt, verrät dabei einen Aufbau durch Übereinanderlagern. Es drängt sich daher von selbst die Annahme auf, daß aus einem zentralen Krater das Material in halb zähem, halb flüssigem Zustande übersprudelte, überschäumte und in einzelne Fragmente aufgelöst übereinander schichtete. Was die so gebauten Bergkegel aber weiter höchst interessant macht, ist die Eigentümlichkeit, daß sie voller Absonderungsklüfte stecken, welche unbekümmert um die Schichtung von oben bis unten durchgehen. Das findet man bei Vulkanprodukten nur an solchen, die eine einheitliche Abkühlungsphase durchmachten. Es wäre deshalb

[1]) Gaea 1904. p. 641.

gezwungen, an den betrachteten Bergen in den durchgehenden Absonderungsflächen etwas anderes sehen zu wollen als den Beweis einer einheitlichen Abkühlung, also auch der vorhergegangenen einheitlichen Aufschichtung des Berges, d. h. den monogenen Bau. Die Agglomeratvulkane Ecuadors zeigen also, daß es auch recht umfangreiche Vulkankegel gibt (Puntas, Ruminahui, Pasochoa, Altar), deren Hauptgebäude eine ebenso monogene Entstehung besitzen wie der kleine Monte Nuovo in den phlegräischen Feldern und andere historische Bildungen. Daran ändert die Tatsache nichts, daß manche Agglomeratkegel nur einen untergeordneten Teil eines Vulkanes formen und noch keine Deutungen auf die Entstehungsweise des Ganzen erlauben, wie am Cotacachi und Imbabura, die den Beginn dieser ganzen Betrachtung bildeten, und ebenso wenig im entgegengesetzten Sinne das Vorkommen von Lavaströmen an fast vollkommenen Agglomeratbergen, die an den Flanken ausgebrochen und ihrerseits von ganz untergeordneter Bedeutung sind, z. B. am Ruminahui.

Groß ist die Anzahl der Calderaberge. Unter ihnen hat wieder der schon genannte Imbabura keine geringe Bedeutung, und diese besteht darin, daß er sowohl einen zentralen Krater (von kleinen Dimensionen) als auch getrennt davon eine großartige Caldera besitzt. Einen Weg, wie derartiges entstehen kann, zeigte der Ausbruch des Bandai-san in Japan (15. Juli 1888), wo aus der Kegelflanke unabhängig vom vorhandenen Kraterreste durch eine Explosion eine Caldera ausgesprengt wurde. Ob für den Imbabura ein Analogieschluß angebracht ist, sei unentschieden. Übrigens bewirken Explosionen nicht nur Calderen, sondern auch ganz kraterähnliche, rundum geschlossene Kessel, wie der Tarawera in Neuseeland bewies, der bei einem einzigen Ausbruche am 10. Juni 1886 in typischer Vollendung beides erzeugte. Unter Krater kurzweg soll aber bei der vorliegenden Betrachtung nur die zentrale Gipfelöffnung verstanden werden, welche die ursprüngliche Verbindung mit dem Herde darstellt. — Auch den Cusin-urcu südlich vom Imbabura charakterisiert neben einem kleinen zentralen Krater eine gewaltige Caldera. Trümmer, die eine Explosion notwendig hervorbringt, scheinen völlig zu fehlen. Diesen vielen Calderabergen eigenen Mangel teilen die großen Ringwälle der hawaiischen Vulkane, und hier ist es der Kilauea, welcher in unübertrefflicher Deutlichkeit mit treppenförmig angeordneten, wenn ich nicht irre, von Dutton zuerst richtig gedeuteten Bruchlinien Aufschluß darüber verschafft, daß Calderen auch durch Einsturz entstehen können. Wenn sie hier auch in gewisser Verbindung mit dem Krater auftreten, so lassen sie sich auch getrennt davon vorstellen. Eine ganz besonders eigentümliche Calderaform besitzt der Haleakala auf der Hawaiiinsel Maui, wo auch Schuttmassen gänzlich fehlen. Der Gipfel hat eine tiefe steilwandige Einsenkung in der Form eines Z mit zwei parallelen, nach entgegengesetzten Richtungen geöffneten Calderen. Während die Einsturzhypothese eine zeitliche Unabhängigkeit des Einbruches vom Aufbaue des Vulkanes einschließt, sucht Stübel beides in Beziehung zu setzen. Er stellt sich die Calderaberge als durch einen einheitlichen Akt aufgeworfen, ihrem ganzen Umfange nach also auf einmal (cum grano salis) entstanden vor und erklärt die Caldera durch Zurücksinken des Magmas nach beendigter Eruption. Nach dieser Erklärung wäre Krater und Caldera nur dem Grade nach verschieden, und ihre Berechtigung für manche Fälle ist nicht zu bezweifeln. Der Ghaie bei Matupi z. B. ‚ein kleiner zur Gruppe der Mutter und Töchter' gehöriger Berg im Bismarckarchipel, besitzt einen rezenten monogenen Lavakegel, dessen schüsselförmiger, weiter Krater nicht allein keine andere Erklärung als durch Zurücksinken des Magmas zuläßt, sondern auch durch die Andeutung einer Terrasse anzeigt, daß die Sackung in geringem Maße noch fortschritt, als die Erstarrung an der Oberfläche schon ein gewisses Maß erreicht hatte. Diese Deutung dürfte aber schwerlich für solche Berge anwendbar sein, welche wie jener, von dem diese ganze Betrachtung ausging, der Imbabura, neben einem unscheinbaren Gipfelkrater eine ungeheuere seitliche Caldera besitzen. Eine

vor einigen Jahren veröffentlichte Theorie von Dlabac, die den Wasserdämpfen eine große Rolle bei dem Baue der Erdkruste überhaupt zuweist und dieselben, von neuen Gesichtspunkten ausgehend, auch mit den Vulkanen in Beziehung setzt, stellt übrigens ebenfalls die Caldera in genetische Abhängigkeit vom Aufbaue des Vulkanes und fordert die Sackungen als notwendige Folge.

Der gewaltigste Vulkanberg im Norden Ecuadors ist der Cayambe. Er scheint ausschließlich aus geflossenen Laven aufgebaut zu sein und teilt mit manchen analogen Andesit- und Trachytbauten (auffallend am Chimborazo und Guamani in Ecuador und am Ixtac-cihuatl in Mexiko) eine lang gedehnte Gestalt und den Mangel eines Kraters.

Im schroffsten Gegensatze dazu steht der Pululagua, den wesentlich Auswurfsmassen und nur ganz untergeordnet Laven zusammensetzen. Er ist ganz analog dem Shirane-san bei Chuzenji in Japan gebaut. Die steilen Wände einer weiten Caldera, deren Zinnen einen Kreis von 6 *km* Durchmesser einschlössen, wäre nicht nach W eine breite Öffnung, erheben sich bis zu 800*m* über den ebenen Kesselboden. Aus diesem ragt fast 700 *m* der Pondona, ein nur aus Laven ohne irgend wahrnehmbare Schichtung aufgebauter Zentralkegel, empor. Er verdankt gewiß seine Gestaltung gleich dem Georg auf Santorin, der 1866 127 *m* über das Meer wuchs, einem einzigen Ausbruche. In lehrreichster Weise läßt seine Form, die eine allmähliche Teilung des Grundbaues in zwei schwach individualisierte Gipfel und einen kleinen sommaartigen Wulst zum Ausdrucke bringt, erkennen, wie das Emporquellen des flüssigen Magmas nicht gleichmäßig geschah, sondern durch Zurücksinken und Sackungen unterbrochen wurde. Im letzten Jahre entstanden an zwei entfernten und antipodisch zueinander liegenden Punkten der Erdoberfläche ähnliche Lavakegel, der eine auf dem beinahe 3000 *m* hohen Merapi in Java, der andere auf dem Pelé. Der letztere türmte sich zu einer ganz eigenartigen, von einer Felsnadel gekrönten Form auf. Während früher, bis zur Bildung des Georg auf Santorin und des neuen Berges im Atrio am Vesuv (1895) fast nie die Entstehung von Staukegeln beobachtet werden konnte, sind sie jetzt keine ungewöhnliche Ausbruchsform und geeignet, mancherlei im Vulkanismus in ein neues, klareres Licht zu setzen.

Sie erklären auch die Berge, wo im Scheitel einer flachen Wölbung wie ein besonders aufgetragener Buckel eine steile Kuppe aufgesetzt ist. Hier quoll, nachdem der große Bau im allgemeinen schon beendet war, nochmals ein Magma im Kraterschachte empor, das von dem ehemals geförderten sich durch viel größere Zähigkeit stark unterschied. Es konnte sich den alten Formen nicht mehr anschmiegen, erhob sich vielmehr zu einer steilen Kuppe und schloß wie ein Pfropfen für immer die Krateröffnung. Mit seiner Eruption verlor der Berg die Fähigkeit, aus dem zentralen Schachte sich mehr zu erhöhen, und in völlig andern Formen äußert sich von nun ab der Vulkanismus. Derartige ausschließlich aus Laven aufgebaute Vulkanberge mit besonderer Gipfelpyramide, welche diese Deutung fordern, sind nicht selten. Besonders schöne Beispiele liefert Ecuador im Sincholagua und Corazon. Verwischt durch die Zerstörungen, denen der Vulkanberg in besonders hohem Grade ausgesetzt ist, zeigt es weniger deutlich der übrigens nicht ausschließlich aus Laven zusammengesetzte Quilindana. Ein sehr berühmter Vertreter des Typus ist der Pico de Teyde auf Teneriffa mit dem Piton oder Pan de Azucar.

Neben kuppenförmig aufgestauten Lavamassen gibt es aber in Ecuador auch Lavaströme von bemerkenswerter Länge. Besonderes Interesse in seinem ganzen Verlaufe beansprucht der Antisanillastrom. Sein Ursprung ist nicht ein fest umgrenzter, individueller Vulkan, sondern ein aus mehrern kleinern Bauten zusammengesetztes Bergland, das Stübel unter dem Zwange, einen einheitlichen Namen dafür anzuwenden, Chacanagebirge genannt hat, nach dem höchsten Punkte Chacana Mirador, der einen Teil eines zerstörten kleinen Vulkankegels bildet. Ganz unscheinbar in einem kleinen, linkswandigen Kessel eines Tales hat sich ein Lavaköpfchen aufgestaut und sendet nicht nur seinen Riesenschwanz

talabwärts, sondern auch einen kurzen Ausläufer zu Berg, wo ein einsamer See abgedämmt ist. Als dieser Strom um die Mitte des XVIII. Jahrhunderts ausfloß, erfüllte er die ganze Breite der Talsohle, folgte dem natürlichen Gefälle und mündete in ein anderes Tal, in das er über einen steilen Hang hinablief. Dem Flüßchen Isco deckte er das Bett zu, so daß der Wildbach 6 *km* unterirdisch fließt, nicht ohne erst in mehrern kleinen Seen den Kampf, in dem er dem Feuerstrome unterlag, widerzuspiegeln. Die ganze Länge des Lavaergusses beträgt vielleicht 12 *km*. An seinem Ende gleicht er einem Riesenwurme, der nur den Boden, aber nicht die Seitenwände des Tales berührt, aber dabei eine Mächtigkeit erreicht, die nicht viel unter der sicher 100 *m* überschreitenden Höhe der Gehänge zurückbleibt.

Das, was von Stübel Chacanagebirge genannt wurde, bezeichnet Reiß als Flußgebirge des Antisana; es stößt nachbarlich an den genannten Schneeberg an und tritt ihm gegenüber nur untergeordnet in die Erscheinung. Der Antisana selbst weist auch charakteristische Lavaströme auf. Sie spielen aber keine Rolle im Vergleiche zum Ganzen. Dieses zerfällt wie der Imbabura und Cotacachi in einen Grundbau aus Laven und einen Oberbau aus Agglomeraten, doch ist an letzterm, wie der südliche Gipfelkegel verrät, auch eine kolossale Lavabank beteiligt. Riesige, steilwandige Kessel schließen den einfachen innern Bau auf.

Das Gebiet, in dem wir uns bewegen, seitdem der Antisanillastrom erreicht wurde, ist, wie Stübel neuerdings hervorgehoben hat, ein ungemein lehrreiches Beispiel für die Äußerung eruptiver Kraft. Zusammengedrängt auf eine Fläche von nur 50, höchstens 60 *km* Durchmesser liegen nicht weniger als sieben Vulkanzentren. Das kleinste davon steht an Masse der Somma-Vesuv-Gruppe bei Neapel kaum nach, während das größte, das des Cotopaxi, sich um 3000 *m* über seiner Grundlage bis zur absoluten Höhe von 5943 *m* erhebt.

Am Nordfuße dieses herrlichen Kegels finden sich ganz eigentümliche, höchstens 10 *m* hohe Küppchen dicht geschart. Sie sind höchst rätselhaft. Zuerst erwecken sie den Glauben an Gebilde durch Eiswirkungen, wie Rundhöcker. Doch spricht die Höhenlage, bis zu der man sie hinab verfolgen kann, 1100 bis 1200 *m* unter der gegenwärtigen Schneegrenze von vornherein ein gewichtiges Wort gegen diese Auffassung, denn nach meinen Beobachtungen gehen die Spuren älterer Vereisung längst nicht so weit ins Tal hinunter. Die Küppchen sind nicht immer so gedrängt. Zwischen dem Pasochoa und Sincholagua zum Beispiel stehen sie weit auseinander. Hier ist auch einer angeschnitten. vermutlich wollte jemand untersuchen, ob es künstliche Hügel wären, die Incaschätze bärgen. Da zeigt sich, daß sie aus ziemlich scharfkantigem Haufwerke bestehen. Die Blöcke haben alle möglichen Größen bis zum Gewichte von mehrern Zentnern, die Mehrzahl aber ist kopfgroß. Den Schutthaufen hüllt eine fast 1 *m* mächtige Decke der schwarzen feinen Erde, Chocoto, ein, welche die Oberfläche des größten Teiles des ganzen Hochlandes bildet und das Rohmaterial der überall gebräuchlichen Trockenziegel, Adoves, ist. An anderer Stelle, am Sincholagua, zieht sich ein ganzes Kegelregiment an einer Berglehne zu Tal und endet unten in unzählbarer, dicht gedrängter Menge. Sonst habe ich an keiner Stelle, weder in Ecuador noch an irgend einem Punkte der Erde, gleich typisch ausgebildete Vorkommnisse dieser Art angetroffen. Indessen ließen sich welche in weniger augenfälliger Anlage auch in verschiedenen andern Vulkangebieten nachweisen. Vermutlich sind sie nichts als eigentümliche Lava-Oberflächenformen, Verwandte der Hornitos und Lavaschornsteine. Bestimmtes läßt sich jedoch über ihren Ursprung noch nicht sagen. Sie könnten nur als Bildungen sehr alter, an ihrer Oberfläche vom Zahn der Zeit schon außerordentlich mitgenommener Lavamassen gelten.

Recht schöne, frisch erhaltene, historische Ströme finden sich in ziemlicher Anzahl am Cotopaxi. Stübel nimmt an, daß alle aus dem zentralen Gipfelkrater ergossen wurden. Dabei ist nicht nötig, daß jeder Strom ein zusammenhängendes Band von der Kraterlippe an bildet, weil die Steilheit des obern Berghanges in Verbindung mit der dicken Schneedecke ein Haften der

Lava erst Hunderte von Metern unter dem Gipfel leicht erklärlich macht. Ich glaubte, in einer kesselartigen Erweiterung des Juyua-huaico an der Nordflanke einen Flankenausbruchspunkt zu erkennen. Die Lava selbst ist hier durch nachträgliche Bedeckung mit Schutt der Beobachtung entzogen und kommt erst etwas talabwärts zum Vorscheine. Deshalb ist die Deutung ungewiß und die Möglichkeit nicht abzustreiten, daß die auf dem Talboden auftretende Lava mit einer oben an dem einen Talgehänge wahrzunehmenden genetisch zusammenhängt, daß der Strom da, wo jetzt die kesselartige Erweiterung ist, in die Schlucht hinabfloß, daß später die Talwand zu Bruche ging, der Kessel entstand, und der ursprüngliche Zusammenhang dem forschenden Auge für immer verdeckt wurde.

Die Cotopaxiflanken gehen, besonders nach W, wo nicht andere Berge der Ausbreitung hinderlich waren, ganz allmählich in die Ebene seiner Grundlage über. Diese natürliche Erscheinung an Vulkankegeln ist allbekannt, aber in Japan so tief in das Bewußtsein des Volkes gedrungen, daß sie zur Bildung eines besondern Begriffes geführt hat. Susono, wörtlich Schleppenfeld, von suso Schleppe und no Feld, nennt man in treffendem Vergleiche mit der Kleiderschleppe, welche auch unmerklich zur horizontalen Richtung übergeht, die Fußgebiete der Vulkane, und Bergschleppe läßt sich das Wort zweckmäßig verdeutschen.

Die schlanke Gestalt des Cotopaxi legt die Vermutung nahe, daß ihn wesentlich Tuffe aufbauten. Zweifellos verdankt er auch vieles seiner äußern Form Auswurfsmassen, die an seinem Mantel in Menge auftreten. Jedoch wären Lavaergüsse aus dem zentralen Krater undenkbar, wenn loses Material die Wände bildete, denn diese würden dem Drucke der aufsteigenden Lavasäule nicht bis zum Rande widerstehen. Der Kern muß daher doch geflossenes Gestein sein. So steile Lavakegel sind auch gar nicht vereinzelt. Der Tunguragua gehört dahin. Der Lavastrom, der 1886 in zwei Arme geteilt bis in die Betten des Rio Chambo und des Rio Pastaza floß und große Seen aufstaute, bis sich die Flüsse neue Durchlässe im losen Tuff der Uferlehnen ausgegraben hatten, trat auch über den Kraterrand und soll die Bresche, welche den geraden Verlauf der Kraterlippe im W unterbricht, erst durch das Überlaufen dieses Ergusses besonders stark ausgefahren haben.

Die Lage der Vulkane ist ganz regellos, hier unten in der interandinen Talmulde, die dadurch in mehrere langgezogene Wannen gegliedert wird, da hoch oben auf einer Cordillere, dort in mittlern Höhen. Den Fall, wo der Vulkan hoch oben auf dem Kettengebirge thront, bringt keiner so augenfällig zum Ausdrucke wie der Chimborazo. Befindet man sich selbst auf der östlichen Cordillere, z. B. am Cerro Altar, so schweift der Blick über die wolkenerfüllte interandine Talmulde fast 50 *km* weit zur langgestreckten westlichen Cordillere hinüber, auf der sich der Chimborazo als gesondertes Glied weit in den Äther erhebt.

Dieser höchste der ecuadorischen Berge (6310 *m*) liefert manches des Interessanten. An drei Seiten ist der Mantel tief hinein zerstört, so daß ein Einblick in das Innere möglich wird. An der SW-Flanke erfüllt den Grund eines steilen Tales dicht unter der Schneegrenze eine prachtvolle Moräne, die einem Lavastrome zum Verwechseln ähnlich sieht. Jedoch kann es ein solcher nicht sein, da die verschiedenartigsten Blöcke ein ganz heterogenes Schuttwerk zusammenstellen. Eine Felsengruppe am linken Gehänge besteht aus eigenartigem Gesteine, wahrscheinlich ist es eine Lava. Sie wurde noch nicht mikroskopisch untersucht. Die Mächtigkeit derselben kann nicht viel unter 100 *m* betragen. Sie fällt von weither auf und trägt den Namen Kathedralfelsen. Neben diesen fesseln noch andere, zum Teil recht wunderlich geformte, aber bedeutend kleinere das Auge. Sie sind das Erosionsprodukt von Schutt, vielleicht Moränenreste, vielleicht gewöhnlicher Vulkanschutt, dessen Gegenwart an einer so zerstörten Flanke gar nicht überraschen kann. Es sind Erdpyramiden in der charakteristischen Form eines von einem größern Blocke gekrönten Pfeilers.

Die zweite Wunde hat der Chimborazo im NO. Hier kommt ein Gletscher herunter, der in seiner am Ende vielleicht 12 *m* dicken Mächtigkeit unzählige Streifen eingeschlossenen Staubes birgt und dadurch grau bis schwarz aussieht. Hohe Seitenmoränen ziehen weiter hinab zu Tal in Tiefen, von wo sich längst das Eis zurückgezogen hat. Als langgestreckter, dreigipfeliger Berg zeigt sich an dieser Stelle der Riese und erinnert damit an andere, ebenfalls nur aus geflossenen Laven aufgebaute, kraterlose Andesit- und Trachytvulkane. Genannt sei der Ixtac-cihuatl in Mexiko, der zudem zu einem interessanten Vergleiche des Lavenverbandes geeignet ist. Er weist nämlich deutlich individualisierte Lavalagen auf. Diese sind aber nicht durch Tuffe, Schutt oder Zerreibungsprodukte getrennt, sondern nur durch loseres Gefüge, weniger deutliche Gesteinsabsonderung und häufiges Auftreten von Höhlen an den Grenzen ausgeprägt. Auch der Chimborazo zeigt — besonders schön an der dritten Freilegung des Innern, einer gegen 1000 *m* hohen Steilwand über der Schneelinie an der N-Flanke — deutlich pseudoparallele Lagerung von Laven (Tafel IV). Das Auge erkennt aber nur einen Wechsel bräunlichroter und blauer Farben; ein Abstand im Gesteinscharakter, so daß sich das Rote etwa als Agglomerat vom Blauen unterschiede, ist nicht wahrzunehmen, im Gegenteil selbst in Steinen von Handstückgröße stößt beides scharf, aber doch unmerklich ineinander übergehend, zusammen. Und doch drückt der Farbenwechsel eine Verschiedenheit aus, deren Ursache wohl in dem Übereinanderfließen der einzelnen Lagen begründet ist. Jeder der verglichenen Vulkanberge zeigt also eine Schichtung, die allerdings verschieden ist. Jedoch weicht sie weniger der Art als vielmehr dem Grade nach untereinander ab. Nämlich die Aufschlüsse am Ixtac-cihuatl liegen am Mantel, also am Ende der Lavafelder, am Chimborazo hingegen im Gebirgskern; dort fern vom Ergußpunkte, wo das ausgeflossene Magma auf seinem Wege einer gewissen Abkühlung unterworfen war, hier nahe am Förderschachte, wo dieser Faktor eine untergeordnete Bedeutung haben kann, nämlich dann, wenn zwischen den einzelnen Ergüssen keine beträchtliche Abkühlungspause lag. Und das scheint in der Tat die Struktur der Chimborazowand zu lehren. Die einzelnen Ergüsse konnten nicht durch jahre- oder gar jahrhundertelange Pausen getrennt sein, sondern mußten sich schnell folgen. Also nicht nur die beschriebenen Agglomeratvulkane, sondern auch Lavenvulkane bilden eine wesentliche Stütze der Hypothese Stübels vom monogenen Bau vieler Vulkanberge.

Wenigstens das Kerngebäude etlicher trägt Anzeichen der Richtigkeit dieser Auffassung, und voraussichtlich werden Beobachtungen zugunsten derselben in immer größerm Maße bekannt werden. Daneben gibt es aber oft Erscheinungen, welche zeigen, daß schwache Betätigung des Vulkanismus auch dann noch fortgedauert hat. Dazu gehören die Lavaströme, welche z. B. im krassen Gegensatze zu den deckenartigen Massen, aus denen der Chimborazo im wesentlichen besteht, in Raupenform am Kegelfuße verbreitet sind. Besonders nach SO und nach N ziehen sich einige auffällige hin. Die Frage, ob sie am Gipfel aus einem zentralen Krater oder aus den Flanken herausgetreten sind, beantwortet nicht allein eine einfache Betrachtung, sondern auch ein äußerst lehrreicher Aufschluß. Die Vorstellung, daß die Lavaströme die steilen Wände vom Gipfel herabgeflossen wären, ohne dort noch heute kenntliche Spuren zurückzulassen, verbietet sich, wie am Cotopaxi ausgesprochen wurde, nicht ohne weiteres. Indessen besitzt der Chimborazo gar keinen zentralen Krater, auch ist kein Grund für die Annahme vorhanden, daß er nach Vollendung des großen Baues zurückgeblieben wäre. Hingegen liegt ein Lavaaustrittspunkt am Fuße des großen Steilabsturzes an der Nordflanke, der auch die Schichtung der Decken, von der die Rede war, so prächtig aufschließt. Aber nicht nur die Quelle eines Flankenstromes ist hier zu beobachten, sondern mit ihr erschließt sich auch noch das Wesen der ungeheuern Steilwand: als sich das Magma mit Gewalt Bahn brechen mußte, da ihm kein Ausweg zu Gebote stand, sprengte es einen Teil des Berges von der Flanke ab. So schuf es sich

einen Austrittspunkt und floß als Strom ab. Der Schutt, der sich am Explosionskessel und in der weitern Umgebung ansammelte, ist jetzt tief hinab zu Tal getragen, zum Teile setzt er gewaltige Moränen zusammen, die das Auge von oben in die Ferne verfolgen kann. Darüber schweift der Blick hinaus über Weiden und Felder hinweg auf unerforschtes Land, das sich im Dunste verliert."

Das vulkanische Wrangellgebirge in Alaska behandelte W. O. Mendenhall. [1]) Die ersten zuverlässigen Nachrichten über das Gebirge brachte der Prospektor J. Bremner, der 1884 den Copper River hinaufging, einen allerdings scheiternden Versuch zur Besteigung des Wrangellvulkanes unternahm und Zeuge seiner Ausbrüche war. Spätere Forschungen zeigten dann, daß der Gebirgsstock mehrere sehr hohe Spitzen besitzt, und die letzten Untersuchungen durch Gerdine und Witherspoon von der Geological Survey, gaben vollständige Aufschlüsse über die Lage und Topographie des Gebirges und die Höhe seiner Gipfel, die trigonometrisch gemessen worden sind. Danach sind wenigstens zehn von ihnen höher als 3600 *m*, und zwei darunter, Mount Sanford und Mount Blackburn, höher als der Mount Wrangell. Mount Sanford ist 4950 *m*, Mount Blackburn 4920 *m* und Mount Wrangell 4270 *m* hoch. Mehrere sehr hohe Spitzen sind noch nicht benannt. Das ganze Gebirge besteht zum größten Teile aus Lava und dem verhärteten ausgeworfenen Schlamme, die auf einer ältern Schicht aufgehäuft sind Die Gestalt der Gipfel haben Vulkanismus und Erosion zugleich herausgebildet, und jeder von ihnen zeigt einen besondern Typus. Mount Wrangell selbst verdankt seine Formen fast ganz vulkanischer Tätigkeit, und die Erosion hat seine ursprüngliche Form weniger verändert. Dagegen hat der massige, 3660 *m* hohe Mount Drum seine ursprüngliche Gestalt längst eingebüßt, und seine heutige Gestalt ist das Produkt der atmosphärischen Agenzien. Mount Sanford ist ein vulkanischer Dom, dessen eine Hälfte durch die abgrabende Tätigkeit eines Gletschers wegminiert worden ist. Mount Blackburn ist von allen Seiten vom Eise beschnitten worden, und nur der oberste Teil zeigt die ursprüngliche, sanft gerundete Form, während unterhalb desselben steile Wände abstürzen. Vom Mount Wrangell geht nach Norden der 80 *km* lange Nabesnagletscher hinunter.

Das Vulkangebiet des zentralafrikanischen Grabens schilderte Hauptmann Herrmann [2]), der als Leiter der Vermessungsarbeiten 1900 bis 1902 das Gebiet im Norden des Tanganika bereist hat. Nach seiner Anschauung bedeckte vor Erhebung des Vulkangebirges eine zusammenhängende und 1200 bis 1300 *m* ü. d. M. gelegene Wasserfläche den zentralafrikanischen Graben vom Äquator bis 2° 25′ südl. Br., so daß das Niveau des Albert Edward Nyansa um etwa 300 *m*

[1]) National Geogr. Magazine 1903. — Globus 85. p. 178.
[2]) Danckelmanns Mitteil. 1904. Heft 1. — Globus 85. p. 277.

höher und das des Kivusees um etwa 200 *m* tiefer lag als gegenwärtig, und demnach der Kivu mit allen seinen Zuflüssen zum Nilgebiete gehörte. Diese Wasserfläche war im Süden innerhalb des zentralafrikanischen Grabens zwischen 2° 25′ und 2° 40′ südl. Br. durch einen 1800 *m* hohen Querriegel von dem Tanganika- und Kongogebiete abgeschlossen. Der Querriegel war nach Herrmann dadurch entstanden, daß bei der ursprünglichen Grabenversenkung eine die beiden Grabenränder (3000 bis 2500 *m* hoch) schief verbindende Glimmerschieferscholle nur halb in die Tiefe abgerutscht war. Den Beweis für die in einer frühern Erdperiode bestandene Trennung der beiden Seen- und Flußsysteme hatte Moore schon damit erbracht, daß er die totale Verschiedenheit der Fauna im Tanganika von der im Kivu-, Albert Edward- und Albertsee als sicher konstatierte. Als später in einer geologisch rezenten Periode der Boden zwischen dem Kivu- und Albert Edwardsee durch vulkanische Kräfte gehoben wurde und allmählich zu dem heutigen Kirungagebirge emporwuchs, mußte der Spiegel des Albert Edward Nyansa, weil ohne den bisherigen Zufluß aus Süden, sich senken, während der Kivusee, eingeschlossen von den Bergen im Norden und dem Querriegel im Süden, sich mehr und mehr ausfüllte, bis er an der niedrigsten Stelle (bei dem Querriegel) einen schmalen Durchgang sich erkämpfte und als Rusisifluß dem um etwa 670 *m* tiefer gelegenen Tanganika zuströmen konnte.

Über die Kratergestaltung und über die Höhe der einzelnen Gipfel gibt Herrmann ausführlichere Auskunft, wobei er die Resultate mehrerer Ersteigungen und der gründlichern Erforschung der Formationen übersichtlich zusammenfaßt. Von den acht Vulkanen sind fünf erstiegen worden, und zwar (von West nach Ost) von der ersten Gruppe: der Niragongo von Graf Götzen 1894, der Namlagira von Leutnant Schwartz 1902; von der zweiten Gruppe: der Karissimbi von Pater Barthélemy 1903; von der dritten Gruppe: der Ssabjino von v. Beringe 1903 und der Muhawara von Bethe 1900. — Der Karissimbi überragt mit 4500 *m* die übrigen Gipfel um 100 bis 1500 *m*. Ewiger Schnee befindet sich nur in den Klüften der höchsten Region; doch „ist er oft des Morgens bis 600 *m* unter dem Gipfel mit lückenloser Schneedecke bedeckt".

Die Vulkane des Ostgriqualandes. Obwohl der vulkanische Charakter der Drakensbergkette seit langem erkannt ist, hat man erst neuerdings eine größere Zahl ehemaliger tätiger Eruptionszentren entdeckt. Neunzehn oder zwanzig sind von einer Abteilung der Geological Survey in Matatiele im Ostgriqualande festgestellt worden, und ein Aufsatz über sie von E. H. L. Schwarz findet sich in Bd. XIV, Teil 1 (1903) der „Transactions of the South African Philosophical Society". Diese Vulkane sind sehr alt, da sie zur obern jurassischen oder Kreideperiode gehören, und deshalb von besonderm Interesse, weil sie nicht nur die Verhältnisse im Ausbruchsschachte weit unter

der ursprünglichen Mündung zeigen, sondern auch etwas von der obern Gestaltung, so daß, wenn man diese geologischen Dokumente vereinigt, man einen natürlichen, 1200 bis 1500 *m* langen Vertikaldurchschnitt eines Vulkanes erhält. Alle in Matatiele entdeckten Vulkanöffnungen finden sich südlich der Drakensbergkette, weil dank der schnellen Erosion auf dem regenreichern Abfalle des Gebirges nach der See zu die ganze äußere Seite der alten Vulkanspitzen abgetragen worden ist, so daß die Rauchöffnungen selbst so weit heruntergebracht sind, daß man sie jetzt ganz am Fuße des Gebirges vorfindet. Einige jedoch haben mehr Widerstand leisten können und stehen jetzt draußen auf den Bergabhängen, so daß man die Lavaausflüsse und andere Verhältnisse der Oberfläche erkennen kann. Schwarz beschreibt etwas eingehender die Öffnungen (deren mandelsteinartige Lava jetzt den Kamm der Kette bildet), um ein Bild von der Natur der Vulkane zu geben, und zieht dann seine Schlüsse daraus für die geologische Geschichte dieses Teiles von Südafrika. Die Vulkane scheinen auf einer etwa 60° Ost zu Nord verlaufenden Streichungslinie zu liegen, und in einer ähnlichen Richtung dürften die tektonischen Linien des ganzen Gebietes dominieren. In permischer Zeit lief eine Küstenlinie ungefähr nordöstlich der Linie des untern Vaalflusses entlang. Sedimente, die von verschiedenen Lagen vom Dwykakonglomerat bis zur obern Karroo repräsentiert werden, wurden in einem breiten Bande nach Südosten abgelagert. Dieses wurde mit der Zeit trockenes Land, und es bildete sich eine gut markierte Wasserscheide, die heute in der im allgemeinen geradlinig von Kapstadt nach Delagoabai verlaufenden Hauptwasserscheide erkannt werden kann. Diese ist, wie man sehen kann, älter als die Bildung der jetzigen Hauptketten, da die südöstlich von ihr abströmenden Flüsse die Ketten in tiefen Schluchten durchbrechen. Der obere Orangefluß allein schneidet durch diese Wasserscheidelinie hindurch, und die ihn speisenden Flüsse sind von ihrem natürlichen Laufe, der südostwärts ging, abgelenkt worden. Die Kraft, die das bewirkte, war offenbar das Emporsteigen einer Vulkanreihe der der Wasserscheide parallelen Streichungslinie entlang. Aus der Zusammensetzung der Stormbergschichten schließt Schwarz, daß zur Zeit ihrer Bildung eine alte Landmasse gegen Süden hin existierte, von der Madagaskar und die Seychellen die Überreste sind, und daß in dem zwischen diesem Lande und dem alten nördlichen Lande eingeschlossenen Meere die Sedimente vom Tafelbergsandsteine aufwärts abgelagert worden sind.

Vulkanischer Ausbruch auf der Insel Comorn.[1]) Der Mont Kartala, der im südlichen Teile der großen Comorninsel bis auf 2400 *m* Seehöhe ansteigt, wurde am 25. Februar plötzlich tätig und ergoß die

---

[1]) Erdbebenwarte 1904. III. p. 248.

glühende Lava in vier Strömen auf die Umgebung herab. Zwei Arme breiteten sich in der Provinz von Orchini aus und wälzten sich in östlicher Richtung ins Meer, nachdem sie auf ihrem Wege alles vernichtet hatten. Mehrere Eingeborene, die von der ebenso unerwarteten als heftigen Katastrophe überrascht worden waren und sich nicht mehr rechtzeitig flüchten konnten, gingen mit ihren Viehherden zugrunde. Beinahe um die gleiche Zeit begann auch der Mont Rosso im südöstlichen Teile der Insel Feuer zu speien, doch war dessen Auswurf weniger heftig. Am Abende schien der Himmel oberhalb der Gebirgskette, die das Tal von Utoandra beherrscht, in Brand geraten zu sein. In der Nacht wurden fürchterliche Detonationen vernommen, denen mehrere heftige Erdbeben folgten. Erschreckt eilten die Bewohner aus ihren Häusern und wurden Augenzeugen, wie eine riesige Rauchsäule, vermischt mit Wasserdampf, aus beiden Kratern, hauptsächlich aus jenem des Mont Kartala, emporschoß, und aus ihr Blitze in verschiedenen Farben zuckten. Aus dem Feuerherde erhob sich plötzlich ein glühender Lichtkegel, der die Farbe vom brennenden Rot ins Blendende der Weißglühhitze wechselte, worauf abermals Lava aus den beiden feurigen Schlünden zu fließen begann. Vertreter der staatlichen Behörden sendeten Boten nach den exponierten Punkten der Insel aus, um die Bewohner zu warnen und sie zum Verlassen der Siedlungen zu bewegen. Dank dieser Umsicht wurden manche gerettet. Nur einzelne Fußgänger und Hirten, die ihre langsamen Herden nicht verlassen konnten, gingen zugrunde. Auch in der Provinz von Badjeni und in jener von Mutsamiola wurden Erdbeben verspürt

Der Kilauea auf Hawaii. Dr. O. Kuntze, der im Juni 1904 die Sandwichinseln besuchte, bemerkt in einer zum Teil gegen die dortige unwahre Reklame gerichteten Studie über den Vulkan Kilauea folgendes: [1]) Der Kilauea ist jetzt ein zahmer Vulkan, weil er ruht oder erloschen ist und nur noch Wasserdampf mit schwefliger Säure wie andere Vulkane aushaucht. Ich habe Vulkane gesehen und besucht in Europa (Vesuv, Ätna, Stromboli), auf den Canarischen Inseln (Pik von Tenerife, Caldera di Palma), Westindien (Martinique: Pelé), Costarica (Irazu), Venezuela (Silla de Caracas), Bolivia und Chile (mehrere auf der 4000 *m* hohen Puna), in Japan (Fujijama), auf Java (Pangeranga, Merapi und andere) usw., aber ich finde insofern keinen Unterschied zwischen dem jetzigen Kilauea und andern Vulkanen.

Der Kilauea wird auch infolge eines Irrtumes mancher Gelehrten „zahm" genannt, welche dessen frühern Feuersee in einer Einsenkung des erloschenen alten Vulkanes, wohinein die Lava des innern Kraters Halemaumau geflossen war, für einen tätigen Krater gehalten haben. Aber dem frühern Feuersee konnte man sich ebenso nähern wie den

1) Umlauft, Deutsche Rundschau **27**. p. 1.

glühenden, zum Stehen gekommenen Lavaströmen anderer Vulkane. Am Rande solcher Lavaströme, z. B. am Vesuv, formten die Italiener aus der glühenden Lava Erinnerungsmedaillen, wie ich es auch selbst einmal dort gesehen habe.

Wenn sich der Krater wieder öffnen sollte, so dürfte es schwerlich ohne Explosion geschehen, wie auch Erdbeben dort vorkommen, was nach Zeitungsberichten z. B. in der zweiten Woche des Juni 1904 auf den Sandwichinseln der Fall war.

Es gibt kein offenes Ventil eines Vulkanes auf Hawaii. Auf dieser Insel gibt es nach der neuesten offiziellen Landkarte etwa zweihundert kleine Kraterkegel und einige sehr große Krater. Ist einer erloschen oder verstopft, so öffnet sich später ein anderer, gerade so wie es bei andern Vulkanen der Fall ist. Es ist seit dem 24. Juni 1897 kein Feuer mehr im innern Krater, dem Halemaumau, von wissenschaftlichen und unabhängigen zuverlässigen Leuten gesehen worden; die spätern Angaben sind zum Teile nur Geschäftshumbug.

Nachdem der Kilauea-Halemaumau 1897 zum letzten Male ausgebrochen war, öffnete sich der Mokuaweoweo des Mauna Loa wiederholt in spätern Jahren; doch der Geschäftsleiter des Hotels will zu gleicher Zeit Feuer im Halemaumau gesehen haben.

Wenn der Kilauea ein offenes Ventil für das glühende Erdinnere unseres Globus gewesen wäre oder noch wäre, wie wohl mancher glaubt, so dürfte kein einziger anderer Krater auf Hawaii existieren; aber es gibt deren sogar über zweihundert auf dieser Insel.

Der Kilaueakrater ist nicht der größte Krater, denn der Mauna Loa ist drei- bis viermal größer, und der erloschene Haleakalakrater ist zwei- bis dreimal so groß als die Kilaueacaldera. Der 4195 *m* hohe Mauna Loa kann nicht leicht besucht werden, weil keine Wegzeichen vorhanden sind, obwohl der Mauna Loa bis zur Spitze meist klar zu sehen, und der Anstieg gar nicht steil ist. Die Abhänge sind zum Teile mit Acacia Koa (A. Gray) bewaldet, und die neuern Lavafelder sind schwer zu passieren. Mit Wegzeichen, wie man sie in andern Ländern bei von Reisenden besuchten interessanten Punkten findet, könnte der Mauna Loa sogar von Touristen zu Fuß leicht vom Halfwayhouse erstiegen werden.

Da jetzt kein Feuer mehr im Krater, keine glühende Lava, kein Feuersee mehr im Kilauea existiert, sogar nachts kein Feuerschein mehr dort bemerkbar ist, so sind die gegenteiligen Behauptungen (des Hawaiireiseprospektes) unwahr.

Kuntze rechnet den Kilauea zu den ältesten Vulkanen, er sei die einzige Caldera in der Welt mit noch vollkommenen Kraterwänden ringsum; alle andern Calderas sind mindestens auf einer Seite eingesunken oder zerstört. Im südlichen Teile des Grundes der erloschenen Kilaueacaldera von ungefähr 4500 *m* Durchmesser befindet sich der neue Krater Halemaumau mit nur etwa 200 *m* Durchmesser,

dessen Oberkante ungefähr 90 *m* unter der Oberkante der Kilauea-wände liegt. An den obern Seiten der Caldera befinden sich zu einem Tuffsteine erhärtete Schlammeruptionen, die mit Lapillis durchmengt sind. Diese werden auch oben um den Kilauea und im tiefsten Teile dieser Caldera nahe dem Vulkanhotel gefunden, wo ein Teil der Calderawand abgestürzt und bis unten mit Vegetation bedeckt ist.

Inseln.

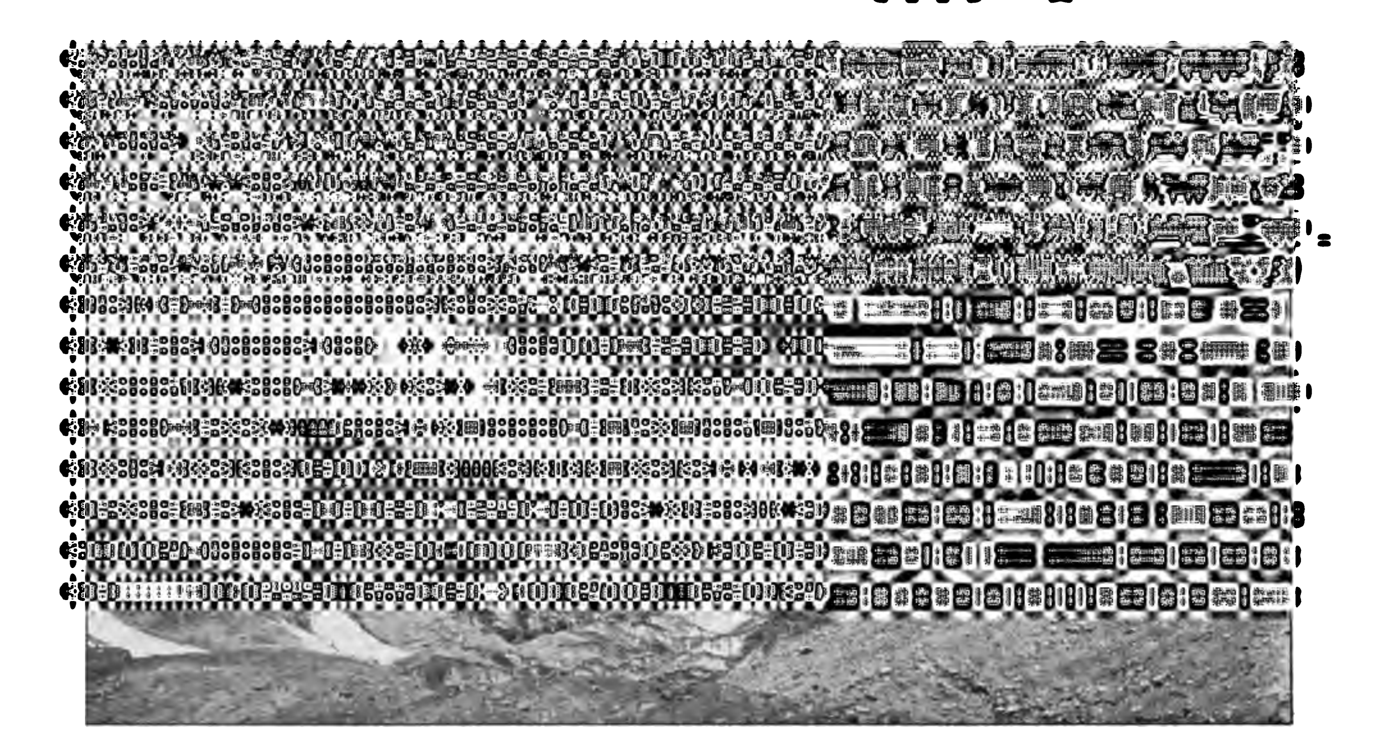
Über die Abrasion Helgolands verbreitete sich W. Wolf.[1] Für die Ostseeküste sind durch Jentzsch und andere, namentlich aber durch E. Geinitz nicht unbeträchtliche Niveauveränderungen nachgewiesen. Auch für die Nordseeküste fehlt es nicht an Beweisen. In dieser Hinsicht nimmt die weit vorgeschobene Insel Helgoland ein besonderes Interesse in Anspruch, und zwar durch zwei auffallende Erscheinungen. Bekanntlich besteht Helgoland aus zwei Nachbareilanden, der hohen, steilumrändeten Felsinsel und der niedrigen, in ihrem Schutze im Osten gelegene Düne. Beide haben einen gemeinsamen großen unterseeischen Sockel, der vorwiegend aus den Schichten des Zechsteinlettens, untern Buntsandsteines, Muschelkalkes und der Kreide vom Neokom bis zum Senon gebildet wird. Die Felsinsel ist nichts als der letzte Rest einer größern, der Abrasion zum Opfer gefallenen Landmasse. Sorgfältige Beobachter, wie Wiebel und Lindemann, haben das Maß des Küstenrückschrittes in neuerer Zeit auf 3 bis 5 *m* im Jahrhunderte berechnet.

Wenn man mit diesem Maße nun einmal rückwärts den Zeitraum berechnet, den die Abrasion zur Herausbildung des Sockels gebraucht hat, so kommt man auf ca. 15000 Jahre. Bedenkt man, daß die großen mittelalterlichen Sturmfluten und die sicher vorauszusetzende ungleiche Widerstandsfähigkeit des Landes hin und wieder dies Tempo erheblich beschleunigt haben werden, so ermäßigt sich die Schätzung vielleicht auf 10000 Jahre.

Warum begann die Abrasion nicht eher? Schützende Klippen dürften im Westen der Insel kaum vorgelegen haben. An dem Außenrande der Abrasionsfläche, der mit einer Verwerfung zusammenfällt, senkt sich der Meeresboden ziemlich rasch auf 15 bis 20 *m* Tiefe, um dann noch einmal im „bütters Roig" auf 5 bis 8 *m* unter Seespiegel anzusteigen. Der bütters Roig besteht aus Kreide und kann vielleicht als Rest einer schmalen und wegen ihres weichen Gesteines leicht zerstörbaren Vorklippe aufgefaßt werden. Jenseits derselben kommt bald die 20 *m* Tiefenlinie.

Es gibt nur zwei Erklärungen für den späten Beginn der Abrasion: entweder existierte die Nordsee zuvor nicht, oder aber Bodenbe-

[1]) Zeitschr. d. Dtsch. geolog. Gesellschaft **55**. p. 115.



Ed. Hch. Mayer, Verlag, Leipzig.

Jahrbuch XV, 1904. Tafel IV.

Steilwand an der Nordflanke des Chimborazo
mit schichtiger Lava und dem Austrittspunkt (rechts) eines jüngeren Lavastroms,
Photographische Aufnahme von Dr. Paul Großer.



wegungen brachten erst zu jenem Zeitpunkte das Gebiet um Helgoland in so tiefe Lage, daß die bereits benachbarte See den Angriff eröffnen konnte. Im ersten Falle könnte man im Anschlusse an einzelne amerikanische und skandinavische Geologen, welche das Ende der Eiszeit bis vor ungefähr 10- bis 15 000 Jahren heraufrücken, mutmaßen, daß erst damals die Nordsee das Inlandeis verdrängte und diese Gegend erreichte. Allein es gibt Erwägungen, die dagegen sprechen. Die Rentier- und Mammutfunde auf der Doggerbank, und die späte Eröffnung des Kanales machen es wahrscheinlich, daß zwischen der Enteisung des Nordseebodens und seiner Einnahme durch das Meer eine kurze Festlandsperiode liegt. Darauf scheint nach Wolf auch die zweite hier zu besprechende Erscheinung auf Helgoland zu deuten. Er meint das seltsame Vorkommen einer Süßwasserablagerung 5 *m* unter der See am Grunde des Nordhafens und bei den Klippen nördlich der Düne (zwischen Selle- und witt Kläww-Bru, zwischen letzterm und der Hauptinsel, sowie beim olde Höve-Bru). Hallier und Lasard geben den Pflanzen- und Tierinhalt dieser Ablagerung näher an. Darnach ist sie offenbar quartär, und zwar, da sie unbedeckt von andern Schichten liegt, postglazial. Da die Einsenkungen, in denen sie liegt, sich nach der offenen See verbreitern und keine Reste etwaiger schützender Riegel erkennen lassen, hinter denen sich diese Süßwasserbildung von Anfang an in so tiefer Lage hätte bilden können, so liegt auch hier wieder die Annahme einer verhältnismäßig jungen Landsenkung nahe. Es bliebe dann zu prüfen, ob sich diese Senkung nur innerhalb der auch jetzt den Inselsockel umgrenzenden Hauptverwerfungen vollzogen haben sollte, oder ob sie, wie Wolf annehmen möchte, Teilerscheinung einer umfassendern Bodenbewegung gewesen wäre.

Der Rockallfelsen. Schon 1862 ist die Lage dieses einsamen Felsens durch eine Expedition des britischen Kriegsschiffes „Porcupine“ auf 57° 36.3′ nördl. Br. und 13° 41.5″ westl. Länge festgestellt worden. [1]) Der Felsen ist etwa 21 *m* hoch und hat in der Wasserlinie nicht über 90 *m* Umfang; es liegen in seiner Nähe noch einige blinde Klippen. Der Felsen ist, wie auch sein weißer Gipfel bekundet, der Aufenthaltsort zahlreicher Seevögel. Die Rockallbank erstreckt sich mit weniger als 180 *m* Tiefe reichlich 10 Seemeilen östlich und 15 Seemeilen westlich vom Felsen und reicht etwa von 57° 55′ nördl. Br. bis nach 56° 55′ nördl. Br. herab. Was Landungen auf Rockall betrifft, so ist der „Porcupine“ kein Landungsversuch gelungen. In den Jahren 1887 und 1888 soll der Felsen einige Male durch Fischer aus Grimby und von den Faröern bestiegen worden sein. Eine Expedition zur Erforschung von Rockall wurde im Jahre 1896 von Killybegs aus (Donegalbucht an der Westküste Irlands) ausgeschickt; sie war mit

---

[1]) Monatskarte des Nordatlantischen Ozeanes. August 1904.

Fischereigerätschaften und Landungsmitteln, wie z. B. Leinengeschütz und Klippenleitern, ausgerüstet. Doch gelang auch ihr auf beiden Reisen, die sie im Juni 1896 machte, kein Landungsversuch, wohl aber wurden mit Kurre und Schleppnetz zahlreiche Gesteins- und Muschelproben zutage gefördert. Ob die Proben von Flachwassermuscheln, die aus einer Tiefe stammen, in welcher die Tiere nicht gelebt haben können, durch Eisberge oder durch Fischer dorthin gekommen sind, oder ob sie einer Zeit angehören, in der das Wasser dort viel flacher war, ist nicht endgültig aufgeklärt. Die Gesteinsproben lassen einen porphyrartigen, hauptsächlich aus Quarz, Feldspat und Augit bestehenden Granit, den man „Rockallit“ genannt hat, erkennen. Über die Arten und über die Menge der auf jenen altbekannten Fischgründen gefangenen Fische erhalten wir keine Auskunft; wohl aber wird angegeben, daß die Expedition bei ihrer Schleppnetzfischerei viele Geräte verloren hat. Die steilen Seiten des Felsens machen die Errichtung einer meteorologischen Station auf Rockall ganz aussichtslos; auch ist es natürlich nutzlos, dort Zuflucht suchen zu wollen.

Die Insel Gotland schildert G. Schoener.[1]) Sie hieß in der Vorzeit Gutaland und hat ein Areal von 3158 *qkm*, auf dem eine Bevölkerung von 52 781 Seelen (1901) lebte. Die Küste zeigt mehrere Buchten, von denen die größte die Klintehamnbucht an der Westküste, der im Süden die beiden Karlsinseln (Karlsöerna) vorgelagert sind, von denen die größere (stora Karlsön) größtenteils von einem weitgestreckten, über 50 *m* hohen Plateau mit lotrechten Wänden, die allmählich in südöstlicher Richtung sich abdachen, durchzogen wird. An der kleinen Bucht im Norden findet sich der einzige Hafen, der Norderhamn. Die wenige Kilometer entfernte kleine Karlsinsel (lilla Karlsön) weist noch steilere und wildere Formationen mit einer Mittelhöhe von 60 *m* auf. Im Südwesten Gotlands dringt der Burgsviken tief ins Land ein, während der Norden die längste Bai, den 7 *km* langen Kappelhamnsviken, aufweist, und im Nordosten die Farön (Schafinsel) durch den Farösund von der Hauptinsel geschieden wird. Die Farön wird fast ausschließlich von Fischern und Lotsen bewohnt, die im Frühjahre auch die gefährliche Seehundjagd auf dem Treibeise ausüben.

40 *km* nördlicher liegt die Gotska Sandön (gotische Sandinsel), die eine etwas unregelmäßige Dreiecksform zeigt, deren längste Seite mit 9 *km* gegen Nordnordost gewendet ist, und deren Mittelhöhe über dem Meere 20 *m* nicht übersteigt. Rund um Sandön laufen ältere und jüngere Randdünen, und querüber erstreckt sich eine gewaltige alte Düne, Högasen, die bis zu 42 *m* sich erhebt und das nordwestliche Horn von den übrigen Teilen scheidet. Der innerhalb der Randdünen

[1]) Globus 85 p. 112.

gelegene Teil ist vielfach mit hochstämmigem Fichtenwalde bestanden. Bezüglich ihres Alters und ihrer Zusammensetzung ist die Sandön verhältnismäßig jung und so recht ein Produkt der Sortierungs- und Umlagerungsarbeit des Meeres. Ihr Strand ist von den Schiffern gefürchtet und fordert alljährlich zahlreiche Opfer.

Gotland gehört gleichwie die südwestlich gelegene Insel Öland der kambrisch-silurischen Formation an, und Bestandteile der archäischen Formation, die — wie Gneis und Granit — im südöstlichen Norwegen, in Schweden und Finnland vorherrschen, kommen nicht vor, ausgenommen Findlinge, die zur Zeit des skandinavischen Landeises hier abgelagert wurden. Alle zutage tretenden Teile bestehen aus mächtigen Kalklagern, aufgebaut auf einem unter dem Meere liegenden Sandsteinplateau, das sich im Süden und Norden noch einige Meilen fortsetzt und allein an der südlichen Landzunge zutage tritt. Der nordwestliche Teil steigt in steilen Terrassen auf und zeigt den höchsten Punkt der Insel, die Follingbohöhe (südöstlich von Wisby, 77 *m*). An der Südspitze erhebt sich die steile Anhöhe Hoburgen mit zahlreichen Grotten. Die Küsten weisen häufig die durch Erosion gebildeten pfeilerartigen „Raukar" auf.

Einige unbedeutende Bäche, ein paar kleine Seen (träsk) und zahlreiche, im Sommer meistens austrocknende Sümpfe (myrar) stellen die Gewässer der Insel dar. Das Innere ist flach, und die Ablagerungen bilden nahezu horizontale Lager mit schwacher Neigung gegen Südosten, doch findet sich hier im allgemeinen eine fruchtbare Humusdecke mit prächtigen Eichen- und Erlenwäldern, während nördlich der Sandboden mit ausgedehnten Fichtenwaldungen überwiegt.

Die Strophaden im Westen des Peloponneses gehören zu den kleinen Inseln, die nur höchst selten von wissenschaftlichen Forschern besucht worden sind. Im Jahre 1825 hat sie Graf Prokesch-Osten besucht, dann erst 1898 O. Reiser. C. Patsch gibt, mit Benutzung von Mitteilungen des letztern, von den Inseln eine kurze Schilderung. [1]) Die Eilande, jetzt auch Strophano, Strivali und Stamphanes genannt, sind verhältnismäßig am leichtesten von Kap Keri auf der Insel Zante mittels einer Segelbarke zu erreichen. Reiser brauchte zu der Überfahrt 16 Stunden. Katakolo und Philiatra, die nächsten peloponnesischen Häfen, sind wohl etwa ebensoweit — ca. 35 Seemeilen — entfernt, doch hat man hier in der Regel mit widrigen Winden zu kämpfen. Beide Inseln — einen eigenen Namen hat keine — sind ganz niedrig und winzig klein. Die größere, höhere erhebt sich nur 15 *m* über den Meeresspiegel, so daß man die Schollen selbst erst in ganz geringer Entfernung sichtet. Die kleinere, nördlich gelegene, von dreieckigem Kontur, kann am Saume in etwa ¾ Stunden umgangen werden; die

[1]) Mitteil. d. k. geogr. Ges. in Wien 47 p. 207.

größere, im Grundrisse ein Rechteck mit eingezogener Nord- und Südseite, beansprucht etwa zwei Stunden dazu. Zusammen machen sie 3.5 *qkm* aus. Die Bodenplastik ist bei beiden gleich; sie bilden flache Plateaus, die von mehrern, nach verschiedenen Richtungen verlaufenden Schluchten steil eingeschnitten sind und gegen das Meer mit Ausnahme weniger Stellen in sanfter Böschung abfallen. Die größere Insel hat nur auf der Nordwestküste einen kleinen künstlichen Hafen, der aber bei höherm Seegange nicht angelaufen werden kann. Dagegen weist der Südwestrand der kleinern eine windgeschützte, leichter zugängliche Einbuchtung auf. Ein Kranz zum Teile verborgener Klippen umhegt beide; deswegen können größere Schiffe nirgends anlegen, und selbst kleinere entschließen sich dazu nur notgedrungen.

Ständig bewohnt ist nur die größere Insel; außer dem größern Flächenausmaße war für die Besiedlung auch ihre größere Ergiebigkeit maßgebend. Nebst einem Leuchtturme auf der Nordspitze besitzt sie auf der Nordwestküste ein geräumiges griechisch-orientalisches Kloster. Unmittelbar neben dem Kloster waren bei Reisers Anwesenheit mehrere Felder mit Weizen, Hafer und Gerste gut bestellt, zu deren Berieselung Zisternenwasser verwendet wurde. Sonst überwiegen auf diesem Eilande magere Weiden und mit Gestrüpp, zumeist mit Zistenrosen bewachsenes und mit Steinen überstreutes Ödland, in welches kleine Haine der Seestrandkiefer (Pinus halepensis) eine wohltuende Abwechslung bringen. In den Schluchten der größern Insel herrscht dagegen infolge der bis in den Sommer hinein anhaltenden Feuchtigkeit eine geradezu tropische Üppigkeit der mediterranen Flora. Den abgewaschenen, felsigen Uferraum umschließt ein schier undurchdringlicher Wall von strauchigen Pistazien. Weinreben, Oliven-, Zitronen- und Orangenbäume kommen nur in geringer Anzahl in dem Klostergärtchen vor.

Fließendes Wasser besitzen die Inseln nicht. Eine von Prokesch-Osten erwähnte Quelle fand Reiser nicht; dagegen konstatierte er auf der größern Insel viele Zisternen mit ausgezeichnetem Wasser und zwei mit Regenwasser gefüllte Weiher, von denen sich der eine unweit des Klosters, der andere in einem Kiefernhaine befindet.

Das Klima ist sehr gesund, vollständig pelagisch. Erdbeben kommen häufig vor; eines der heftigsten war das im Jahre 1893, von dem noch jetzt die vielen Risse und Sprünge in den Klostermauern zeugen.

Das Leben der Insulaner, die von Zante aus häufig abgelöst werden, ist, den Winter ausgenommen, nicht so monoton und beschaulich, wie man annehmen würde. Sie treiben außer dem Ackerbaue auch Viehzucht. Im Jahre 1898 besaß das Kloster eine kleine, mit schwerer Mühe importierte Herde Hornvieh, einige Schafe und zwei Esel, die behufs Ausnutzung der Weide in Ruderbooten auch

nach der in etwa einer halben Stunde erreichbaren kleinern Insel gebracht werden.

Die Inseln sind gleich Helgoland eine Vogelzugraststation ersten Ranges. Reisers Erwartungen wurden in dieser Hinsicht weit übertroffen. Dichte Scharen nord- und wieder südwärts ziehender Vögel aller Art und Größe ruhten hier kürzere oder längere Zeit aus. Insbesondere suchen sie bei Unwetter hier Schutz und Nahrung. Letztere finden die Insektenfresser jedoch nicht, da auf den Inseln selbst die gewöhnlichsten Insekten (Fliegen, Mücken und dergl.) nicht vorkommen, und sterben bei länger anhaltendem Regen, bei Sturm und Kälte den Hungertod. So fand auch Reiser Hunderte von abgemagerten Grasmücken, Fliegenfängern, Bachstelzen, Schmätzern usw., die ein heftiger Regen hierher getrieben hatte, tot oder für die Weiterreise völlig entkräftet vor. „Aber selbst die Menge der zur günstigen Zeit die Insel besuchenden Zugvögel war erstaunlich und wechselte von Tag zu Tag ab.“

Die Comoren hat A. Voeltzkow auf seiner der Untersuchung der Riffe und Inseln des westlichen Indischen Ozeanes gewidmeten Forschungsreise besucht. [1]) Diese Gruppe umfaßt die vier Inseln Mayotte, Mohély, Anjouan und Groß-Comoro. Letztere, die größte und bedeutendste der Gruppe, wird von den Eingeborenen Angasija genannt. „Von weitem gesehen, scheint sie aus zwei Teilen zu bestehen, tatsächlich aber bildet sie zwei durch ein flacheres Plateau verbundene Erhebungsgebiete. Im Süden hebt sich das Massiv des Karthala, das fast das ganze Zentrum der Insel einnimmt, mit einem bis noch vor wenigen Jahren tätigen Vulkane, und der bergige Norden wird gebildet aus einer Anzahl erloschener Krater. Der Karthala erhebt sich wie ein gewaltiger Dom gleichmäßig aus der See aufsteigend mit flachem Gipfel bis zu 2400 *m*, während die Berge des Nordens nur Höhen von etwa 1200 *m* aufweisen.“

Ein Korallenriff an der Ostküste erwies sich als Überrindung der unterseeisch vorgeschobenen Küste mit vereinzelten Korallenkomplexen. Der Reisende hat dreimal den Gipfel des Karthala besucht. Der Hauptkrater gestattet von Süden her infolge Zerstörung seiner Wandung den Eintritt. „Der erste Anblick enttäuscht, weil die Größenverhältnisse (Durchmesser 3 zu 4 *km*) zu gewaltig sind, und die Wände zu niedrig erscheinen; erst im Innern selbst wird man sich der Großartigkeit des Kraters bewußt. Direkt vom Eingange des Kraters aus betritt man das Lavameer, welches den Boden des Riesenkessels bedeckt. Es erscheint, als wäre soeben erst die Lavamasse plötzlich erstarrt. Man sieht noch förmlich die Lava umherfließen, hier an den Wänden des Kraters anprallend, aber nicht imstande, die Wand zu

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1904. p. 279.

durchbrechen, dort ihre Kraft bereits erschöpft und zu ebenen Lagen sich ausbreitend.

Über diese Lavamassen von mehr oder weniger zerrissener Oberfläche mühsam kletternd, trifft man nach Süden nach 15 Minuten zur rechten Hand, nahe der westlichen Wand und ihr fast anliegend, einen Schuttkegel, der allem Anscheine nach den Ursprungsherd für die Lavamassen des nördlichen Teiles des großen Kraters abgegeben hat.

Weiter nach Süden gelangt man nach etwa 20 Minuten an den eigentlichen Krater, der, gerade weil man unvorbereitet ihn plötzlich zu seinen Füßen sieht, durch seine Größe überwältigend wirkt. Es ist eine fast kreisrunde Einsenkung von ungefähr 500 *m* im Durchmesser und einer Tiefe von 120 bis 130 *m*. Die Wände bestehen auch hier wie die des äußern Kessels aus Bänken dunkelblauen bis blauschwarzen Basaltes und fallen senkrecht allseits ab, so daß es keine Möglichkeit gibt, in die Tiefe hinabzusteigen. Der Boden ist völlig eben und glatt und zeigt in seinem Zentrum ein kleines, unregelmäßiges Loch, von einem kleinen Aschenhäufchen umgeben, ohne aber einen merklich erhabenen Rand erkennen zu lassen.

Östlich am Rande des Kessels befindet sich ein Aschenkegel in Hügelform, der nahe seiner Spitze auf der Ostseite eine trichterförmige Einsenkung besitzt, die in einen zylinderförmigen Schlot führt. Man erkennt in ihm den Ausgangspunkt der Eruption, deren Lavaerguß die südliche Hälfte des großen Kraters ausgefüllt, und deren Ausfluß nach der äußern Seite, nach Osten zu, stattgefunden hat. Man sieht auch hier, daß sich fast jede neue Eruption einen neuen Weg schafft, sei es auch auf dem Rande des alten Kraters. Hätte nun hier der Ausfluß der Lava nach dem innern Kessel zu stattgefunden oder längere Zeit angedauert bis zur Ausfüllung des großen Kraters zu einer solchen Höhe, daß die Lava den Rand des innern Kraters überströmt hätte, so würde sie sich in den innern Kessel ergossen, ihn bei genügender Menge ausgefüllt und schließlich ganz verdeckt haben, ohne daß eine Spur angezeigt hätte, daß hier einstmals ein innerer Kessel von ungeheuerer Mächtigkeit vorhanden gewesen sei. Auch die Lava dieses Stromes ist nicht sehr alt, da sie noch keine Spur einer Vegetation aufweist. Etwas bewachsen mit Erikabüschen von Armesdicke ist nur die Mitte des großen Kraters, die etwas erhabene Grenze zwischen Nord- und Südhälfte.

Der Rand des großen Kraters fällt derartig steil nach innen ab, daß er wohl kaum ersteigbar sein dürfte, mit Ausnahme der passierten Stelle, die durch Abbröckeln einzelner Felsstücke zugängiger geworden und auch von Natur etwas niedriger als die übrigen Partien ist. Im allgemeinen dürfte die Steilwand des großen Kraters eine Höhe von etwa 100 bis 130 *m* besitzen. Die Wände sind überall aus feinkörnigem, dunkelblauem Basalt gebildet, der eine ganz außer-

ordentlich große Härte besitzt, aber niemals in Säulen angeordnet, sondern in großen Schichten mächtiger Bänke aufgebaut ist.

Der ganze Westabhang des Vulkanes ist mit verhärteter Asche, wohl von ungeheuern Schlammströmen herrührend, überdeckt, die von Laien stets für Sandstein gehalten wird. Sie hat ein lehmiges Aussehen, ist ziemlich hart und läßt eine Anzahl kleiner Körnchen, darunter auch schwarze Lavabrocken erkennen, die fest miteinander verkittet sind. Die Dicke der Schicht beträgt für gewöhnlich nur 10 bis 30 *cm*. Vielfach läßt sich erkennen, daß sie neuern Ursprunges sein muß, da sich häufig unter ihr eine starke Humusschicht findet."

Mohéli liegt etwa 12 Meilen südöstlich von Groß-Comoro, hat nahezu die Gestalt eines rechtwinkligen Dreiecks und eine größte Länge von 26 bei einer größten Breite von 18 *km*. Vom Meere aus gesehen, erkennt man eine der Süd- und Ostküste folgende, die ganze Insel durchziehende Bergkette mit scharfen Graten und Spitzen, deren Hauptpunkt etwa im Zentrum der Insel liegt und eine Höhe von 650 *m* besitzt. Der Hauptkette angelagert findet sich eine Anzahl nach der See zu niedriger werdender Berge, die von der Hauptkette ausstrahlen und voneinander durch tiefe Täler geschieden sind.

Anjouan liegt etwa 9 Meilen östlich von Mohéli. Das Zentrum der Insel nimmt der Cercle de Bombao ein, wahrscheinlich der ursprünglich Krater, von dem ausstrahlend die Gebirgsketten nach den Spitzen der die Form eines Dreieckes besitzenden Insel sich hinziehen. „Er hat riesige Dimensionen, etwa 4 bis 5 *km* im Durchmesser. Seine Wände steigen an vielen Orten fast senkrecht empor. Der Boden des Kraters liegt im Durchschnitte in etwa 500 *m* Höhe ü. d. M., während sie die Wände bis zu 1000 bis 1200 *m*, in einzelnen Spitzen selbst bis zu 1500 *m* erheben. Der Krater ist allseitig geschlossen, mit Ausnahme der Nordostseite, wo der Durchbruch nach dem Meere erfolgte. Gebildet werden die Berge zum Teile aus Basalten, aber ohne säulenförmige Anordnung, jedoch vielfach durch Feuer umgewandelt und häufig überlagert von mächtigen Schichten verfestigten vulkanischen Schlammes. Die Abhänge der Berge sind sehr steil und besitzen oft eine Neigung von 45° und mehr, sind aber fast überall dicht bewaldet. Die Grate sind sehr schmal, die Bergrücken oft nur 1 bis 2 *m* breit, was sich auch auf Mohéli überall beobachten läßt.

Der Boden des Kraters ist nicht ganz eben, sondern besonders im südlichen Teile mit kleinen Höhen besetzt. In der Mitte der südlichen Hälfte scheint sich ein kleiner innerer Krater erhoben zu haben, dessen höchste Spitze jetzt durch ein kleines Wohnhaus gekrönt ist."

Mayotte besitzt 9 Meilen Länge bei 1 bis 5 Meilen Breite. „Auch sie ist vulkanischer Bildung, jedoch ist sie von einem riesigen Kranze von Riffen umgeben, der einen nur an ein paar Stellen durchbrochenen schützenden Ring um die Hauptinsel und eine Anzahl kleinerer Inselchen bildet. Innerhalb desselben bleibt das Meer auch bei

stürmischem Wetter verhältnismäßig ruhig und bietet genügende Wassertiefe, um auch größern Schiffen freie Fahrt zu gestatten.

Auf der Ostseite schließt sich das Riff direkt an die etwa 13 *km* im Umfange besitzende Insel Pamanzi, die durch einen künstlichen Damm mit dem Felseneilande Dzaoudzi, dem Sitze des Gouvernements und der Beamten, verbunden ist.

Der Reisende hat nur das große Außenriff auf der Nordostseite besucht. Bei gewöhnlicher Ebbe nur teilweise entblößt, läuft es bei tiefer Ebbe auf einer Breite von 1 bis 2 *km* trocken. Die Innenseite steigt ganz allmählich aus der überhaupt nicht sehr tiefen Bai zwischen Festland und Riff an, läßt zuerst Sandboden erkennen, der hier und da mit Seegras bewachsen ist, bis schließlich vereinzelt Korallenflecke auftreten, die nach und nach an Größe und Zahl zunehmen; jedoch wird niemals ein zusammenhängender Korallengarten gebildet, sondern stets bleiben dazwischen einzelne Stellen unbedeckt und zeigen den sandigen Boden.

Die äußere, der See zugewendete Seite des trocken laufenden Riffes ist absolut tot. Auf ½ *km* ist der Boden aus ödem Trümmermateriale gebildet, aus abgerundeten, bis faustgroßen Knollen, die vielfach aus Kalkalgen bestehen oder mit ihnen überzogen sind, und ganz eben, ohne brunnenartige Vertiefungen. Nach dem Meere zu senkt sich das Riff allmählich.

Die innere Hälfte de Riffes ist der Hauptsache nach aus Madreporenstöcken gebildet, auf weite Strecken rasenartig angeordnet mit senkrecht emporstehenden Zacken, die, unter den Füßen zusammenbrechend, das Begehen dieser Riffpartien zu einer wahren Qual gestalten. Doch auch hier sieht man überall in den Lücken den weißen Sand hervorleuchten, die ich bis auf ½ *m* Tiefe nachgegraben habe, ohne darunter festen Boden zu finden.

Bemerkenswert ist, daß ein großer Teil der lebenden Korallen auf den Trümmern aufgebaut, auf losen, abgestorbenen Stücken aufgewachsen ist und sich ohne Mühe aufheben läßt. Von einer allgemeinen Verfestigung ist nur stellenweise etwas zu bemerken.

Weiter nach der Landseite zu wird dann der Aufbau des Riffes lockerer; neben Strecken von Madreporenrasen finden sich offene Stellen von ½ bis 1 *m* Tiefe mit sandigem Boden, so daß man auf diesem sandigen Boden oftmals weite Strecken zwischen den lebenden Korallen zurücklegen kann, dabei bis zum Bauche im Wasser watend. Es erweckt ganz den Anschein, als stellten diese sandigen Stellen die Grundlagen der Riffe dar, an denen aufbauend dann dasselbe um etwa 1 *m* erhöht wurde.“

Wie die Bildung des großen Riffes um Mayotte zu erklären sei, läßt Voeltzkow dahingestellt sein. „Am einfachsten,“ sagt er, „wäre es, sich vorzustellen, daß wir in dem großen Außenriffe die Grundlage eines alten Kraters von Riesendimensionen vor uns hätten, also eine ringförmige Hebung des Meeresbodens zu geringer Höhe über der

Meeresoberfläche oder auch häufig nur dicht an dieselbe heranreichend. Für derartige Hebungen alten Meeresbodens bietet ja die Insel Pamanzi ein gutes Beispiel.

Es müßte dann später eine Senkung oder allgemeine Landzerstörung vorliegen, was man auch auf Mayotte überall beobachten kann. Im kleinen sind diese Verhältnisse schon zu beobachten in der Bai zwischen Pamanzi und dem Festlande.

Ob nun auf dem großen Riffe eine spätere Senkung vorliegt, so daß erst vor kurzem eine Besiedlung mit Korallen hat erfolgen können, oder eine verhältnismäßig rasche Hebung, so daß es nicht zur Ausbildung eines Riffes von beträchtlicher Dicke kommen konnte, darüber könnte erst eine spätere eingehende Untersuchung vielleicht Aufschluß geben."

Im Gebiete des nordöstlichen Außenriffes liegt die Insel Pamanzi mit ihrem großen Krater, welche der Reisende zweimal besuchte. „Der am Nordostende der Insel gelegene Vulkan besitzt eine Höhe von etwa 60 *m* und ist gleichfalls völlig aus diesem weißen Kalke aufgebaut, der an der Oberfläche etwas verhärtet. Der äußere Abhang sowohl wie der Rand des Vulkanes sind nackt, nur hin und wieder spärlich mit Gras bestanden; ebenso ist die Innenseite fast ohne Vegetation. Vom Rande aus bietet sich eine prachtvolle Aussicht in den Krater mit seinem grünlich schimmernden See, der früher größer gewesen zu sein scheint, da sich nach Süden an ihn eine jetzt mit Bananen bestandene Ebene anschließt."

Die neu entstandene Insel bei Borneo. Carl Schmidt berichtet hierüber folgendes: [1])

Die geographische Lage derselben ist 115° 21' östl. Länge v. Gr. und 5° 20' 30" nördl. Breite. Bei meinem Besuche am 5. September 1897, also zwei Jahre nach dem Ereignisse, zeigte sich folgendes: Etwa 50 *m* von der Küste entfernt erhob sich etwa 20 *m* hoch eine in Ostwestrichtung ca. 150 *m* lange und von Nord nach Süd ca. 140 *m* breite Insel. Gegen Westen, also gegen das brandende, offene Meer zeigte dieselbe einen Steilabsturz von ca. 5 *m* Höhe. Die ganze Insel bestand aus lose zusammengehäuftem Materiale, entstammend den Schichten des Tertiärs. Auf der Oberfläche der Insel lagen Blöcke von Korallenkalk und von mit Austern besetztem Sandsteine. Ungefähr in der Mitte der Insel erhob sich ein aus verhärtetem Schlamme bestehender Kegel mit einer kraterartigen Vertiefung. Der Steilabsturz gegen die Seeseite wurde durch den Anprall der Wellen fortwährend unterminiert, und ich weiß nicht, ob heute überhaupt von der Insel noch etwas vorhanden ist. Über die Entstehung der Insel ist mir von Augenzeugen berichtet worden, und in der Literatur finden wir einige Angaben darüber. Am Nachmittage des 21. September stiegen mit großer Heftigkeit Gasblasen aus dem seichten Meeresgrunde auf; Schlamm folgte nach, untermischt mit Gesteinsblöcken, wie sie auf dem Meeresgrunde lagen. Zuerst scheint einfach der Meeresgrund emporgewölbt worden zu sein, dann wurden aus größern Tiefen die durchweichten Schichten des tertiären Untergrundes emporgepreßt. Auf dem höchsten Teile der emporgewachsenen Insel bildete sich ein förmlicher Schlammkrater, 20 *m* im Durchmesser messend.

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 7. p. 128

In der Nacht vom 21. auf den 22. September nahm die Insel immer noch an Umfang zu. Der Seegrund muß sich sehr rasch gehoben haben, denn man fand am 22. September in Tümpeln auf der neuen Insel noch lebende Seefische. Aus den vielen Spalten und Löchern strömte Gas aus, das entzündet lebhaft brannte; ein starker Gasgeruch machte sich bemerkbar. Eingepreßt zwischen den Gesteinstrümmern fand sich eine weiche wachsartige Substanz, an Ozokerit erinnernd, wie solches auch in den ölführenden Schichten von Labuan gefunden wird. Sechs Monate nach dem Auftauchen der Insel strömte noch Gas aus ihrem Grunde. Bemerkenswert ist es, daß in unmittelbarer Nähe der Insel während ihres Emporwachsens kein Erzittern des Erdbodens wahrgenommen worden sein soll. Die ursprüngliche Länge der Insel wird zu 250 *m* angegeben, wohl 100 *m* hatten somit die Brandungswellen in Zeit von zwei Jahren weggespült.

Während auf der Kliashalbinsel selbst von einem die Eruption begleitenden Erdbeben nichts bemerkt worden sein soll, erhalten wir nun die Nachricht von einem großen Erdbeben, das am 21. September von der Philippineninsel Mindanao ausging und auch in Europa registriert worden ist. Da in Kudat in Nordostborneo sowohl, als auch in Labuan dieses Erdbeben verspürt worden ist, wurde sofort die Entstehung der „Neuen Insel" damit in Verbindung gebracht.

Über die Erscheinung des Erdbebens vom 21. September 1897 auf Nordborneo erhalten wir folgende Daten: 1. In Sandakan (Nordostborneo) und im Gebiete der Flüsse von Kinabatangan, Labuk und Sugut wurden 1m 10h p. m zwei Stöße verspürt. Die Wände von Häusern fielen ein, die Kirchenglocken schlugen an, und im Erdboden entstanden enge Risse. 2. In Kudat (Nordostborneo) beobachtete man mehrere getrennte Stöße von Ost nach West, 15 Sekunden andauernd um 1 p. m. 3. Etwa vier Meilen südöstlich der kleinen Insel Balundangan, die am Ostufer der größern Insel Banguey an der Nordspitze Borneos liegt, war, wie Eingeborene, die nach Kudat zu den „Charter day's sports" kamen, berichteten, ebenfalls eine neue Insel am 21. September entstanden. R. M. Little hat späterhin diese Insel besucht. Dieselbe erhebt sich aus ca. fünf Faden tiefem Meere, ist etwa 100 *qm* groß und ragt 1 *m* über Niveau des Hochwassers. Die Hauptmasse der Insel ist ein weißlich grauer Ton, ihre Oberfläche ist bedeckt von großen Blöcken eines harten Sandsteines und von Korallenkalk, die mit kleinen Austern besetzt sind. Das Auftauchen der Insel soll von zwei Meereswogen begleitet worden sein, die nordwärts über die See sich wälzten; Sturm und rollendes Geräusch wurden gleichzeitig wahrgenommen. 4. In Labuan wurde die Entstehung von Rissen in den Wegen und das Anschlagen der Glocken beobachtet.

Entsprechend der gegebenen Auseinandersetzungen erscheint nun der Mechanismus der Entstehung der „Neuen Insel" bei Labuan sehr einfach. Zwischen den steilstehenden Mergel- und Sandsteinschichten in der Achse der „offenen" Antiklinale hatte sich eine schlammige Masse mit Naphtha, Ozokerit und Gas vermischt angesammelt, das Reservoir eines Schlammvulkanes. Die seismische Erschütterung trieb am 21. September 1897 diese Masse in die Höhe, und der Grund des seichten Meeres wurde mit emporgerissen. Es erscheint nicht unwahrscheinlich, daß auch die zweite bei Bangueyinsel am selben Tage erschienene Insel ähnlichen Ursachen ihre Entstehung verdankt. Nach der Darstellung von P. José Coronas gehört Labuan zur äußersten sechsten Zone der Erdbebenstärke (perceptible), Nordostborneo gehört der vierten und fünften Zone (regular und ligero) an. Ebenfalls zur peripherischen Zone der Erdbebenwirkung haben wir Nordcelebes zu rechnen, wo nach S. Figee eine „lichte horizontale aardbeving" wahrgenommen wurde.

Der eingehenden Beschreibung von P. José Coronas entnehmen wir, daß am 21. September 1897 auf den Philippinen zwei Erdbeben stattfanden, das erste, mit dem Zentrum Dapitan an der Nordküste von Mindanao, begann $3^h 20^m$ (in Manila registriert: 20. September 20^h 9.1^m M. E. Z.), das zweite, viel

stärkere Beben ging von Zamboanga an der Südwestspitze von Mindanao aus und begann 1^h 17^m p. m. (in Manila registriert: 21. September 6^h 13.7^m M. E. Z.).

Hinsichtlich der Äußerung der beiden Beben auf den Philippinen und den Suluinseln verweise ich auf die Darstellung von P. Coronas, erwähne nur, daß bei dem zweiten Beben, 1^h 17^m p. m., in Zamboango, die meisten Häuser einstürzten, und daß eine Erdbebenflutwelle über die Küsten von Zamboanga, Basilan und Jolo hereinbrach. Die Oberflächengeschwindigkeit des Bebens ergibt sich zu 2.4 *km* pro Sekunde, da die Erschütterung die Strecke von Zamboanga nach Manila, 852 *km*, in 6 Minuten zurückgelegt hat

Über die Registrierung des Bebens in Batavia, in Bombay, auf den meisten europäischen Stationen berichten P. Coronas, G. Agamennone und E. Rudolph. Das Beben wird zu einem typischen Fernbeben. Agamennone findet die Geschwindigkeit der Erdbebenwelle, d. h. die mikroseismische Fortleitung des makroseismischen Erdbebenstoßes, zu 15 bis 30 *km* per Sekunde.

Die in diesen Zeilen dargelegte Abhängigkeit der Tätigkeit von Schlammvulkanen von Erderschütterungen, wodurch bei submariner Lage der Schlammsprudel plötzlich kurzlebige Inseln „Schlammvulkaninseln", entstehen können, ist eine sehr verbreitete Erscheinung. A. v. Lasaulx stellte für die Schlammvulkane von Paterno am Etna den Satz auf, daß ihre Eruptionen nur dadurch entstehen, daß unter dem Drucke der durch eine Erderschütterung bewegten und dislozierten Schichten die aufgelösten und gelockerten Schichtenteile mit dem Quellwasser emporgequetscht werden.

Ganz ähnlich wie unsere „Neue Insel" ist die Insel Kumani am 7. Mai 1861 im kaspischen Meere bei Baku entstanden, während einer Periode starker seismischer Erregung. Schon im November 1861 war die Insel wieder bis unter Meeresniveau abgetragen. H. Abich hat es wahrscheinlich gemacht, daß dieselbe aus der Scheitelregion einer N 35° W streichenden Antiklinale hervorbrach.

Aus dem malayischen Archipel erwähnt A. Wichmann einen ähnlichen Fall der Beeinflussung von Schlammquellen durch Erderschütterungen. Infolge eines Erdbebens am 13. Mai 1857 geriet der in der Provinz Bibiluto auf Timor gelegene Schlammvulkan in lebhafte Erregung.

Ein sehr interessantes Gebiet von Schlammvulkanen in petrolführenden Tertiärschichten finden wir in Burma einerseits auf den Inseln Ramri und Cheduba an der Küste des Meerbusens von Bengalen und anderseits im Tale des Irawadi in Rangoon. R. D. Oldham (Geology of India, p. 21) erwähnt, daß die Eruptionen der Schlammvulkane anscheinend in unregelmäßigen Intervallen und häufig gleichzeitig mit Erdbeben eintreten. An der Küste von Ramri finden solche Eruptionen im Meere statt, und in einem Falle entstand so in der Nähe von False Island, südlich von Ramri und südöstlich von Cheduba eine kleine Insel, die bald wieder weggewaschen wurde."

Die Insel Simalur, nahe der Westküste Sumatras, schildert auf Grund eigener Anschauung L. C. Westenenk.[1]) Sie ist von SO. nach NW. etwa 100 *km* lang, die Breite schwankt zwischen 9 und 26 *km*. Sie ist ungemein fruchtbar, indes fast noch ganz von Urwald bedeckt, der die kostbarsten Hölzer liefern könnte. Auch hier begegnen wir neben andern Sagen über die Herkunft der Einwohner der in Indonesien häufigen Überlieferung von der Abstammung von einer — hier menangkabauischen — Frau und einem Hunde. Jedenfalls ist die Bewohnerschaft mit menangkabauischem, atjehschem und niassischem Blute versetzt. Die Bevölkerungszahl dürfte auf

[1]) Tijdschrift van het kon. Aardrijkskundig Genootschap 1904. Heft 1.

6000 bis 7000 zu schätzen sein. Die Sicherheit auf der Insel scheint groß zu sein, die Häuser und Ortschaften sind auch nicht umzäunt; Vergehen sind selten. Die einheimische Schiffsbaukunst ist gut entwickelt, doch die Leute zu jeder Arbeit zu faul, auch der geringe Landbau wird sehr vernachlässigt. Besonders ausgezeichnet ist die Insel durch ihren Reichtum an Büffeln. Sehr ausführlich ist die Geschichte der Insel dargestellt. Die Beschreibung der Küsten im besprochenen Aufsatze, dem eine Karte der Insel im Maßstabe von 1 : 600 000 beigegeben ist, ist vorwiegend dem „Zeemansgids“ entnommen.

Saipan, die Hauptinsel der deutschen Marianen, schilderte H. Seidel.[1]) Wie eine vorläufig nur handschriftlich vorhandene Triangulationskarte, aufgenommen durch den kaiserlichen Bezirksamtmann Fritz, zeigt, erstreckt sich Saipan schmal und lang mit vielgezackter Uferlinie hauptsächlich von Nordnordost nach Südsüdwest. Etwa in der Mitte erfährt es eine plötzliche Verbreiterung, da hier eine nicht unerhebliche Bergkette auftaucht, deren höchste Spitze erst bei 466 *m* abbricht. Das ist der früher fast allgemein als Vulkan bezeichnete Tapochao, der aber wahrscheinlich, wie die Insel überhaupt, nur aus gehobenem Madreporenkalke besteht. Denn Saipan gehört mit Guam, Rota, Aguigan, Tinian und Medinilla zur südlichen Marianengruppe, die bis zu den Gipfeln hinauf mit korallinen Bildungen bedeckt ist. Darunter wird allerdings ein Eruptivkern angenommen, obschon dessen Dasein zurzeit noch nicht einwandfrei nachgewiesen ist. Die nördliche Gruppe oder das Reich „Gani“, wie es die alten Bewohner nannten, setzt sich dagegen völlig aus vulkanischen Massen zusammen. Die Berge steigen kegelförmig bis zu 500 und 800 *m* empor, sind in einen Mantel von Laven, Aschen und Schlacken gehüllt, und mehrere ihrer Krater befinden sich fast unausgesetzt in lebhafter Tätigkeit. Der Archipel hat daher häufig von Erdbeben zu leiden, die nicht bloß die hohen Inseln heimsuchen, sondern bisweilen auch auf der südlichen Reihe, wo man größern Erdfrieden vermutet, in heftiger Weise auftreten.

Der Boden Saipans steigt bereits am Nordgestade ziemlich rasch zu einzelnen Bergen auf. An diese schließen sich weitere Erhebungen an, die zu der schon erwähnten Querkette leiten, jenseits welcher eine allmähliche Abflachung zur Küstenebene und dem sandigen Strandgürtel eintritt. Das Ackerland wird als im ganzen fruchtbar gerühmt, obschon es nur wenig tiefgründig ist. Der Ufersaum eignet sich namentlich für Kokosplantagen, für deren Gedeihen die Seeluft und auskömmliche Niederschläge sichere Gewähr bieten. Weiter binnenwärts tritt rötlicher Lehm auf, der im Gebirge in ein dunkles, nur teilweise steiniges, sehr humoses Erdreich übergeht. Da sich die Erhebungen aus korallinem Kalke zusammensetzen, so

[1]) Globus 85. p. 278.

darf uns das Vorkommen von Höhlen oder Grotten nicht wundernehmen. Solche besitzen auch Tinian und Rota, wo sie schon den alten Chamorro als schützendes Asyl bei Unwetter oder Verfolgung dienten. Auf Saipan dagegen scheinen sie hauptsächlich Begräbnisstätten gewesen zu sein.

Die Karolinen. H. Seidel besprach kritisch die neuen Seekarten des Deutschen Reichsmarineamtes dieser Inseln [1]) und machte über einzelne Inseln genauere Mitteilungen. „Eines der bemerkenswertesten Glieder im ganzen Karolinengürtel ist das Pseudoatoll Ruk oder Truk, eigentlich ein vulkanischer Archipel im kleinen, der von einem weit ausgerückten Wallriffe umschlossen wird. Der innere Basaltkern ragt mit etwa zwanzig ungleich großen Brocken von verschiedener Höhe über die Lagune empor. Da die Spitzen mehrfach bis 300 *m* ansteigen, einmal sogar über 400 *m*, so ist es erklärlich, daß die anscheinend gleichmäßig begrünten Kuppen und Kegel innerhalb der belebten Wasserfläche einen äußerst malerischen Eindruck machen. Der Ackerboden ist öfter recht steinig, doch immerhin fruchtbar; denn er ernährt eine für das Gesamtareal der Wohnfläche, das einschließlich der niedrigen Koralleninseln nur 135 *qkm* beträgt, sehr starke Bevölkerung von 12 500 Seelen. Die geräumige, von Riffen durchsetzte Lagune hat Tiefen zwischen 40 bis 65 *m* und besitzt, über den annähernd fünfeckigen Außenrand gemessen, eine Länge ven 75 *km* bei 60 *km* Breite, ist also zu groß, um im ostelbischen Teile des Königreiches Sachsen Platz zu finden.

Auf Ponape ist der Sitz der deutschen Verwaltung innen am Westrande des wie eine Förde ins Land dringenden Santiagohafens. Letzterer Name kommt jetzt außer Gebrauch und wird durch die Bezeichnung Langar- oder Ponapehafen ersetzt. Langar (Langa) ist eine kleine, rundliche Vorinsel, etwa halbwegs zwischen der Seekante des Außenriffes und dem Bezirksamte. Hier müssen die meisten Schiffe, die ein Regierungslotse hereinholt, gleich westlich der Insel auf 50 bis 52 *m* Tiefe vor Anker gehen. Auf Langar befindet sich eine Handelsstation der Jaluitgesellschaft, die hier ein Kohlenlager und zwei Landungsbrücken unterhält.

„In den Karolinen,“ bemerkt schließlich der Verf., „liegt für den deutschen Forscherfleiß noch ein großes und schwieriges Arbeitsfeld offen, das nicht nur die höchste persönliche Tatkraft, Umsicht und Kenntnis erfordert, sondern zur Erreichung des gewünschten Zieles auch die Hergabe gewisser Geldmittel unbedingt voraussetzt. Man kann sich daher nicht des Gedankens erwehren, daß das Geld für unsere ziemlich ergebnisarme Südpolarexpedition viel besser und nützlicher angewandt worden wäre, wenn man es zu einer gründ-

---

[1]) Globus 85. p. 11

lichen Vermessung und Kartierung unserer pazifischen Kolonien, insbesondere Deutsch-Mikronesiens, bereitgestellt hätte."

Die Insel Mocha an der chilenischen Küste bildet den Gegenstand einer Monographie von C. Reiche.[1]) Diese wenig bekannte Insel wurde am 25. September 1544 von J. B. Pastene entdeckt, doch erst sechs Jahre später betreten. Ein 25 *km* breiter Meeresarm trennt sie vom Festlande, den aber schon die Urbewohner der Insel auf Flößen überschritten haben. Der Rand der Insel ist in einer Ausdehnung von 20 600 *qkm* flach, das Innere aber bedecken Gebirgserhebungen, deren höchster Gipfel Morro Pastene indessen nur 340 *m* Seehöhe erreicht. Nahe der Mitte befindet sich ein kleiner Teich, die Laguna hermosa mitten im Urwalde; sonst gibt es besonders auf der östlichen Seite der Insel mehrere Bäche. Das Klima ist etwas kühl und feucht, aber gesund; Regen fallen zu allen Jahreszeiten.

Das Jaluitatoll ist von Dr. med. Schnee untersucht worden.[2]) Dasselbe liegt in 5° 55′ nördl. Br. und 169° 42′ östl. L. Es bildet die Hauptinsel der zwischen den deutschen Karolinen und den englischen Gilberts liegenden Marshallgruppe und besteht aus einigen 50 Schuttinseln, welche auf dem eine 27 Seemeilen lange, in der Mitte etwa 17 Seemeilen breite Lagune umschließenden Riffe unregelmäßig verteilt liegen. Nach Meinicke sind 55, nach Finsch 58 Eilande vorhanden. „Übrigens kann man jede beliebige Menge herauszählen, da der Begriff Insel hier völlig subjektiv wird. Was dem einen bereits als solche erscheint, ist für den andern vielleicht noch zu unbedeutend, um auf diesen Namen Anspruch machen zu dürfen.

Die Mehrzahl dieser Landbildungen, die einzig und allein aus von den Wellen angeschwemmtem Schutte bestehen, liegt auf der Ostseite des Atolls. Am besten entwickelt, weil eine ununterbrochene Landmasse darstellend, ist die südliche Partie derselben, von Jabor bis Jaluit. Letzterer Name bezeichnete nämlich ursprünglich nur die als Anseglungspunkt wichtige Südspitze, wurde aber später auf die ganze Insel übertragen. Die eigenartige Verteilung der Eilande wird verständlich, wenn man sich die Windverhältnisse und die dadurch bedingte Wellenrichtung in jener Region vergegenwärtigt.

Die Tiefe der Lagune beträgt nach der neuesten Angabe (Agassiz) 18 bis 25 Faden. Das Riff, das für gewöhnlich unter Wasser und nur im obern Teile bei Ebbe sichtbar wird, mag etwa 300 bis 400 *m* breit sein, wovon durchschnittlich je ein Drittel auf das Außeninnenriff, sowie auf die Schuttinsel zwischen beiden zu rechnen sein dürfte.

Die einzelnen Eilande erheben sich wenig höher als 1 *m* über die

[1]) Anales del Museo nacional de Chile 1903. Heft 16.
[2]) Globus **85**. p. 329.

Hochwassermarke. Ihre Breite scheint zwischen 180 und 20 *m* zu schwanken. Die Breite des dortigen Außenriffes beträgt nach seemännischer Schätzung über 100 *m*. An der Lagunenseite lassen sich die Verhältnisse infolge der heftigen Strömung nach der Passage hin, mehrerer Piers, sowie eines längs des Ufers dahinziehenden, erhöhten Weges schlecht taxieren. Das Riff ist jedenfalls schmaler als außen, bildet jedoch an einer Stelle einen langen, nasenförmigen Vorsprung in das Innere des Beckens hinein. Ein bei Ebbe hervortretender Strand ist kaum vorhanden.

Das Außenriff erhebt sich steil aus großen Meerestiefen. Seine sanft nach dem trockenen Lande zu ansteigende Oberfläche ist durch die Wogen geglättet und daher frei von größern Unebenheiten. Sie führt den Namen der Strandebene oder -terrasse. Mit Ausnahme ihres untersten Gürtels, der beständig unter Wasser bleibt, entspricht sie dem Gebiete von Ebbe und Flut. Der seewärts gerichtete Abhang des Riffes bis zu einigen 30 *m* hinab besteht aus lebenden Korallen.

Wie der Innenstrand und das Riff, so ist auch der Boden der Lagune meist mit Sand bedeckt. Auf ihm liegen mächtige, schwarze Blöcke, welche Stürme vom Riffe aus in die Tiefe schleuderten, nachdem sie sie vom Außenstrande her über dasselbe hinwegtransportiert hatten. An ihnen siedeln sich mancherlei Korallen an und verschönern mit ihren lebhaften Farben das Düster der aus dämmernder Tiefe emporragenden Felsen. Auf den Blöcken nahe am Ufer im seichten Wasser wachsen fast krustenartig niedrig bleibende Stöcke dieser Blumentiere, mit zunehmender Tiefe folgen immer größere und stattlichere, bis schließlich jene an Bäume erinnernden Formen sich einstellen. Auf lockerm Grunde scheinen keine Korallen zu leben, Ausnahmen kommen indessen vor.

Die Schuttmassen, welche die Inseln bilden, sind keineswegs regellos aufgehäuft, sondern bilden niedrige, breite Wälle, die mit dem Außenstrande parallel laufen. Zwischen ihnen befindet sich jedesmal eine Einsenkung, welche an einzelnen Stellen infolge Auseinandertretens der Wälle zu einer mehr oder weniger breiten, seichten Mulde wird, an deren tiefstem Punkte sich ein Brackwasserteich zu bilden pflegt. Der jüngste Wall, das heutige Außenufer der Insel, pflegt der höchste zu sein; von ihm aus fällt das Eiland sanft nach der Lagunenseite hin ab. Dieses geschieht jedoch nicht in einer Geraden, sondern in einer unregelmäßigen Wellenlinie, indem die Wälle ganz allmählich niedriger, und die Vertiefungen zwischen ihnen undeutlicher werden. Bei genauerer Nachforschung lassen sie sich jedoch selbst dicht am Innenstrande noch erkennen, soweit sie nicht durch Wegeanlagen usw. zerstört sind.“

Schließlich bemerkt Dr. Schnee, er sei durch seinen Aufenthalt auf Jaluit zu einem überzeugten Anhänger der Darwinschen Senkungstheorie geworden.

Das Atoll von Funafuti. Die schon von Darwin aufgestellte Forderung von Bohrungen auf Korallenriffen bis zu großen Tiefen ist von der Royal Society in London ausgeführt worden, indem eine Expedition unter Leitung des Prof. Sollas zu diesem Zwecke nach dem Atoll Funafuti entsandt wurde. Dieselbe hat ihre Aufgabe vollständig gelöst und die Ergebnisse in einem großen Werke veröffentlicht. Folgendes ist eine kurze Wiedergabe der Hauptresultate.[1]) Im Jahre 1896 wurde bei den Bohrungen nur eine Tiefe von 105 Fuß erreicht, im nächsten Jahre eine solche von 698 Fuß, doch waren die Gesteinsproben zu gering, um sichere Resultate zu liefern. Dafür wurden aber eine sehr detaillierte Karte und geologische Aufnahmen des Atolls erhalten. Im Jahre 1898 wurde eine dritte Expedition entsandt, und dieser gelang es, die Bohrung bis zu 1114.5 Fuß niederzutreiben und 384 Fuß festen Gesteinskern zutage zu fördern. Außerdem wurde in der Lagune ein Bohrloch von 245 Fuß Tiefe erhalten. Es ergab sich, daß das Atoll von der Oberfläche bis zu der erreichten Tiefe Kalkfelsen ist, der von Lithothamion und Halimeda wie aus riffbildenden Korallen besteht. Der unterste Teil ist ein in Dolomit verwandeltes Korallenmaterial. Nach Prof. Davis ist das ursprüngliche Fundament des Atolls wahrscheinlich vulkanischer Natur, aber dieser Kern wurde durch organische Gebilde langsam an seinem Umfange vergrößert; auch müssen Schwankungen der Küste stattgefunden haben. Die Bohrkerne wurden nach England gesandt und in Dünnschliffen von Prof. Judd und Dr. Hinde untersucht. Die Menge der Kalkalgen ist überraschend groß. Oolithische Struktur und Schichtung fehlen, und man findet keine Beimengung von Tiefseeorganismen; dieselben Gattungen und Arten kommen vom Gipfel bis zum Boden des Durchschnittes vor. Ausgedehnte chemische und mineralogische Veränderungen haben in dem Gesteine stattgefunden, seitdem die Korallen lebend waren, und diese Änderungen sind von Prof. Judd und Dr. Cullis im Detail studiert worden. Ein definitiver Schluß über die Entstehungsweise des Atolls wird nicht gezogen, allein alles deutet darauf hin, daß die Befunde zugunsten der Darwinschen Rifftheorie sprechen.

Das Meer.

Schwankungen des Meeresspiegels in der Nähe von New-York. Nach den Untersuchungen von George W. Tuttle, welche sich auf die Angaben des selbstregistrierenden Flutmessers seit 1853 stützen, finden solche Schwankungen in sehr ausgesprochenem Maße statt.[2]) Tuttle findet für dieselben eine durchschnittliche Periode von acht Jahren. Sie scheinen im allgemeinen durch Änderungen des Luft-

[1]) Amer. Journ. of Science **17**. p. 478.
[2]) Amer. Journ. of Science **17**. p. 333.

druckes und den daraus folgenden Änderungen der Windgeschwindigkeiten bedingt zu sein. Diese Schwankungen kompensieren sich im Laufe der Zeit und erzeugen keine kontinuierliche Bewegung in einer bestimmten Richtung. Außer diesen Bewegungen des Meeres zeigen einige Häfen eine mehr oder weniger ununterbrochene Hebung des Meeres in bezug auf das anliegende Land, andere ein Sinken des Meeresspiegels, während noch andere nichts davon zeigen. Letzteres deutet an, daß außer den oben erwähnten periodischen Änderungen das Meer sein Niveau nicht verändert, und daß die relativen Verschiebungen von Landbewegungen herrühren. An verschiedenen Häfen ist die Geschwindigkeit der erwähnten Hebung des mittlern Meeresspiegels nicht konstant geblieben, sondern hat sich bedeutend verändert. Alle Beobachtungen zeigen, daß für lange Perioden die Größe der Änderung kleiner ist als in manchen Teilen dieser Periode, was den Beweis liefert, daß die Bewegung nicht kontinuierlich, sondern oszillatorisch und in enge Grenzen eingeschlossen ist. Die Beobachtungen in New- York City zeigen, daß seit 1875 das Land in bezug auf den mittlern Meeresspiegel um etwa 1.45 Fuß gesunken ist, aber seit der Aufstellung der selbstregistrierenden Flutmesser im Jahre 1853 bis 1875 war wenig oder keine Änderung eingetreten. Es ist unwahrscheinlich, daß die jetzige Stärke des Sinkens unbegrenzt andauern werde.

Beeinflussung der Gezeiten durch Wind und Luftdruck. Eine Hauptaufgabe der Statistik in den Küstengewässern ist die Vorausberechnung der Ebbe und Flut nach Zeit und Höhe. Trotz Verbesserung der Berechnungsmethoden, trotz des Fortschrittes in der Erkenntnis der Gezeitenerscheinung seit Anwendung der harmonischen Analyse auf die Beobachtungsreihen der verschiedensten Küstenplätze weichen die berechneten Zahlen in den Gezeitentafeln von den tatsächlich eintretenden Verhältnissen oft erheblich ab. Besonders für die holländischen Küstenorte ist diese Übereinstimmung noch immer nicht recht befriedigend. Es sind deshalb in der neuesten Zeit besonders von niederländischen Hydrographen Versuche unternommen, eine Korrektionsformel abzuleiten. Theoretiker wie Praktiker sind sich darin einig, daß die Ursache dieses Unterschiedes zwischen Beobachtung und Berechnung der Gezeiten in erster Linie in dem Einflusse des Windes und Luftdruckes zu suchen sei. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse hat F. L. Ortt, Ingenieur v. d. Waterstaat, Korrektionsformeln abgeleitet.

Wegemann gibt[1]) eine kritische Besprechung dieser Formeln, die sich allerdings vorwiegend auf theoretische Erwägungen stützen, und wonach jenen Formeln keine sehr große Bedeutung beizulegen ist. „Schwerlich," sagt er, „wird sich eine allgemein gültige Formel

[1]) Annalen der Hydrographie **32**. p. 204.

finden lassen, die selbst nur für zwei benachbarte Küstenorte anwendbar wäre, es sei denn, daß man auf Genauigkeit verzichtet und sich schon mit einer rohen Annäherung begnügt. Denn die Wirksamkeit der Einfluß ausübenden Faktoren wird in letzter Linie von den örtlichen Verhältnissen — Tiefe, Form und Lage der Küstenlinie und Gestalt des Meeresgebietes — am stärksten abhängig sein. Im flachen Wasser werden dieselben Ursachen ganz anders in Wirksamkeit treten wie im tiefen, in engen Buchten anders wie an den offenen ozeanischen Küsten, im Bereiche geschlossener Meeresgebiete anders wie in Randmeeren oder im Weltmeere. Im erstern liegt zunächst noch der Schwerpunkt der ganzen Untersuchung, da die Abweichungen von den berechneten Flutgrößen nur für flaches Wasser von praktischer Bedeutung sind. Für dieses gelten die Orttschen Formeln nicht, wie er ausdrücklich bemerkt; daher ihre allgemeine Anwendbarkeit nicht zweckentsprechend sein wird.

Die Höhe des Mittelwassers bei Ragusa und die Ebbe und Flut im Adriatischen Meere ist von R. von Sterneck behandelt worden.[1]) Er folgert aus der Theorie und den Beobachtungen an verschiedenen Teilen des Mittelländischen Meeres, speziell an der Adria, daß die an den Küsten geschlossener Meere anlangenden Wellen nicht Flutwellen im eigentlichen Sinne, sondern nur Übertragungen, gewissermaßen nur Kopien der über der tiefsten Stelle (des betreffenden Binnenmeeres) erregten Fluten sind. Der südliche Teil des Adriatischen Meeres ist ein beiläufig rundliches Becken, in dessen Mitte sich Tiefen von über 1600 *m* vorfinden. Die Hafenzeiten an den umliegenden Gestaden sind alle nahe gleich vier Stunden. Nach Norden pflanzt sich die durch die zentrale Erhöhung der Meeresfläche erregte Welle mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 60 *km* fort, für Triest ist die Hafenzeit 9.5, für Venedig 10.5 Stunden. Die mittlern Fluthöhen nehmen im Adriatischen Meere gegen Norden im allgemeinen zu, weil das Meer seichter wird, von 0.3 *m* bei Ragusa auf 0.6 *m* in Triest.

Eine allgemeine Karte der Meerestiefen. Hierüber machten J. Thoulet und Ch. Sauerwein der französischen Akademie der Wissenschaften folgende Mitteilung: Der im Jahre 1899 in Berlin abgehaltene Geographenkongreß setzte eine internationale Kommission für die Benennung der Südozeane ein, mit dem Auftrage, eine verbesserte Karte der Meerestiefen spätestens bis zum folgenden Kongresse in Washington am 8. September 1904 fertig zu stellen und zu veröffentlichen. Diese Kommission, der deutscherseits die Professoren Supan und Krümmel angehören, tagte am 15. und 16. April in Wiesbaden unter Vorsitz des Fürsten Albert von Monaco und billigte einstimmig den vom Professor Thoulet vorgelegten Plan, nach welchem die nun-

[1]) Mitteil. d. k. militär. geogr. Jahresber. Wien 1904.

mehr fertig gestellte Karte unter Leitung von Sauerwein ausgeführt ist. Die im Maßstabe von 1 : 10 000 000 ausgeführte Karte besteht aus 24 Blättern. Die Polargegenden von 72 bis 90° Breite sind in gnomonischer Projektion ausgeführt auf einer die Pole tangierenden, den Breitenkreisen parallelen Ebene. Diese beiden Projektionen sind in je vier Blätter geteilt, die die Quadranten von 0°, 90° O, 180° und 90° W Länge umfassen. Zwischen 72° Nord- und Südbreite ist für die Darstellung die Merkatorprojektion auf eine den Äquator tangierende, der Erdachse gleichgerichtete Ebene gewählt. Die einzelnen Blätter erhielt man, indem die Projektion längs der Meridiane 0°, 90° O, 180°, 90° W zerschnitten und diese Stücke wieder senkrecht dazu längs der Breitenparallele 0°, 47° N und S geteilt wurden, also zusammen 16 Blätter. Eine besondere Bezeichnungsweise gestattet nicht allein jedes Blatt dieses 1 : 10 000 000 hergestellten Atlasses zu benennen, sondern auch jedes Blatt, das etwa durch Verzehnfachung oder wiederholte Verzehnfachung von den ursprünglichen abgeleitet wird. Die Karte, im Juni 1903 begonnen, heute vollendet, weist die bis zum Juli erhaltenen Tiefenangaben nach. Die Isobathen sind für 200, 500, 1000 *m* und von da an von 1000 zu 1000 *m* bis 9000 *m* ausgezogen und nach den ausführlichsten Admiralitätskarten der verschiedenen Länder geprüft. Dank den Angaben der betreffenden Marinebehörden und Kabelgesellschaften steht die Karte vollständig auf der Höhe der Zeit, sie gibt für gewisse Meeresteile wertvolle Aufschlüsse über die Bodengestaltung und zeigt für andere, weniger erforschte, wo die Lotungen zukünftiger Tiefenforschung einzusetzen haben.

Die Tiefenverhältnisse der nordpolaren Meere sind Gegenstand der Darstellung E. Nansens in dem neuesten Bande seines wissenschaftlichen Werkes über die Expedition der „Fram“.[1]) Von dieser wichtigen Arbeit gibt Prof. Schott eine kritische Darstellung des Hauptinhaltes, der das folgende entnommen ist:

Das Material über die Tiefenverhältnisse, welches zur Behandlung kommt, beruht auf Nansens eigenen Messungen und aller sonst vorhandenen bathometrischen Ergebnisse in den nordpolaren Gewässern. Nach der Darlegung der tatsächlichen Verhältnisse an der Hand von Karten geht Nansen zu theoretischen Betrachtungen bezüglich der Entstehungsweise der vorhandenen Bodenformen über. Dabei behandelt er in erster Linie den sogenannten S c h e l f. Mit diesem Namen wird derjenige Teil des Kontinentalrandes bezeichnet, der sich von der Grenze der dauernden Meeresbedeckung ganz allmählich in der Regel bis 100 Faden oder 200 *m* Tiefe senkt und dann

[1]) The bathymetrical features of the North Polar Sea. Christiania 1904. Ausführl. Ref. darüber von Prof. Schott in Annalen d. Hydrographie 32. p. 458.

plötzlich in einen steilen Abfall übergeht, wie z. B. der britische Schelf, der Schelf der Neufundlandbank usw. (englisch „Shelf“, französisch „Socle“ oder „Plateau continental“). Es ist also dasjenige Meeresgebiet, welches man sonst vielfach als „Kontinentalstufe“ bezeichnet, an deren Außenkante das wahre Ende der Kontinente zu suchen ist, oder welches man auch allgemein „Flachsee“ nennt, ein Ausdruck, gegen den allerdings mit Recht immer eingewendet worden ist, daß es ausgedehnte Flachwasserzonen gibt, denen der Charakter der „Kontinentalstufe“ oder des „Schelfs“ nicht zukommt.

Was zunächst das nordpolare Becken anbelangt, als welches man die von den Nordküsten Nordamerikas über den Pol hinweg bis zu dem sibirischen Schelf einerseits und von Spitzbergen bis zur Beringstraße anderseits sich ausdehnenden Gewässer bezeichnet, so gelten von ihm nach Nansen folgende Sätze:

„Es ist ein tiefes Becken (Tiefen bis zu 4000 m); von dem Barentsmeer ist es durch einen fortlaufenden unterseeischen Rücken getrennt, welcher geringere Tiefen als 220 m besitzt und von Nowaja Semlja nach Kaiser Franz Josefland und nach Spitzbergen sich erstreckt. Erheblich tiefer ist das Meer zwischen Spitzbergen und Nordostgrönland, doch scheint auch hier eine relativ seichte Schwelle unter rund 81° nördl. Br. westöstlich zu ziehen (bisher geringste Tiefen 475 und 786 m). Jedenfalls setzen sich die großen Tiefen des nordpolaren Beckens nicht ununterbrochen in diejenigen des norwegischen Nordmeeres (zwischen Ostgrönland, Island und Norwegen) fort, was von wesentlicher ozeanographischer Bedeutung ist. Denn ein ungehinderter Wasseraustausch zwischen den beiden Tiefbecken ist dann unmöglich, und in der Tat läßt das Bodenwasser beider Becken erhebliche Unterschiede erkennen. Im norwegischen Nordmeere ist die Bodentemperatur — 1° bis — 1.2°, zwischen Spitzbergen und Grönland sogar — 1.3° und — 1.4°, der Salzgehalt beträgt 35.06 bis 35.29‰. Im nordpolaren Becken, wo man noch niedrigere Bodentemperaturen erwarten sollte, liegt die Temperatur des Bodenwassers durchweg schon bei 0 bis — 0.8°, und der Salzgehalt beträgt etwa 35.3‰; dies Bodenwasser kann also nicht, oder mindestens nicht unmittelbar, aus dem norwegischen Nordmeere stammen. Da nun die das Bodenwasser des nordpolaren Beckens überlagernden Wasserschichten wärmer sind als das Bodenwasser selbst, so entsteht die Frage: Woher stammt die niedrige Temperatur des nordpolaren Bodenwassers? Der einzige Ausweg, den auch Nansen annimmt, ist der, daß das Bodenwasser irgendwo in den noch unbekannten Teilen des nordpolaren Beckens an der Oberfläche gewesen und dort bis auf — 0.8° abgekühlt worden sein muß, daß also große, tiefe Meeresgebiete nahe am Pole vorhanden sein müssen, in denen die wärmern Zwischenschichten fehlen. Entlang dem Weg der „Fram“ hat man Andeutungen von solchem ozeanographischen Wärmeprofile nicht gefunden; folglich muß eine solche Wärmeanordnung auf der amerikanischen Seite des Beckens vermutet werden, und daraus folgt endlich die Forderung, daß das nordpolare tiefe Becken viel größere Flächen einbegreift, als wir bisher durch die „Fram“-Messungen kennen, daß also auch die Gebiete im Norden von Alaska und im Norden der arktisch-nordamerikanischen Inselwelt wirkliche Tiefseegebiete sind. Wie weit der Kontinentalrand nördlich vom amerikanischen Archipel und nördlich von Grönland reicht, ist unbekannt; da aber Nordgrönland, Grinelland und das von Sverdrup entdeckte Axel Heibergland vergleichsweise hoch sind, so ist nach den sonstigen morphologischen Analogien wahrscheinlich, daß hier die Tiefsee ziemlich nahe liegt; Amund Ringnes- und Ellef-Ringnesland, ferner Prinz Patrick- und Melvilleinseln sind niedrig, daher mögen dort ausgedehntere Flachseegebiete nach Norden hin vorhanden sein. Ob wir die nördlichsten Teile des festen Landes

überhaupt schon kennen, kann man unmöglich heutzutage sagen; die Möglichkeit von noch unbekannten Inseln im äußersten Norden ist nicht zu leugnen, aber nach den ozeanographischen Verhältnissen ist anzunehmen, daß solchen Inseln, wenn sie überhaupt vorhandan [sind, keine große Ausdehnung zukommt."

Was nun die Bodenbeschaffenheit des nordpolaren Beckens betrifft, so ist in den Grundproben der ungewöhnlich geringe Betrag an Resten organischen Ursprunges in erster Linie auffällig. In den meisten Fällen war es schwierig, überhaupt Reste von Foraminiferenschalen oder von andern Organismen zu finden. Der größte Prozentsatz an kohlensaurem Kalke wurde mit 5% in einer Bodenprobe von 83° 24' nördl. Br. und 102° 14' östl. Länge festgestellt; im übrigen schwankte der Gehalt an $CaCO_3$ zwischen 1 und 3%. Nach den mehrere hundert Proben umfassenden Analysen seitens der „Challenger"-Expedition stellt sich der Durchschnittsgehalt der Tiefseeerden an Kalkkarbonat, welcher mit zunehmender Tiefe abzunehmen pflegt, für die offenen Ozeane bei 3000 *m* auf etwa 70%, bei 3500 *m* auf etwa 62%, bei 4000 *m* auf etwa 51%.

Globigerinenschlamm besteht im allgemeinen zu 64% aus Kalkkarbonat; Diatomeenschlamm enthält davon trotz seines Charakters als Kieselerde immer noch etwa 23%. Die Armut des nordpolaren Meeresbodens an Resten kalkschaliger Organismen ist also außerordentlich groß; steht aber nach Nansen im Einklange mit der Armut der Meeresoberfläche an organischem Leben, welche Armut ihrerseits dadurch erklärlich wird, daß die Meeresoberfläche jahraus jahrein ganz von Eis bedeckt ist. Wenigstens hat Nansen in den im Polarbecken gewonnenen Planktonproben kaum einige Foraminiferen gefunden.

Ähnlich scheinen in dieser Beziehung die Verhältnisse im Südpolarmeere, wenigstens dort, wo die „Valdivia"- und die „Gauß"-Expedition gearbeitet haben, zu liegen.

An den Bodenproben aus den Tiefen des nordpolaren Beckens ist in zweiter Linie ihre Feinheit beachtenswert; gröberes Material oder gar Steine wurden nicht beobachtet, obwohl man sonst diese letztere Art der Bodenbeschaffenheit für polare Gewässer als charakteristisch ansieht, zumal da, wo das Meer vom Eise bedeckt ist. Für das nordpolare Becken ergibt sich daher aus der durchgängigen Feinheit der Bodensedimente die Schlußfolgerung, daß seit langen geologischen Epochen keine Trift von Gletschereis, d. h. Eisbergen, über dies Becken hinweggezogen ist, selbst wenn (was wahrscheinlich) eine sibirische Eiszeit bestanden hat. Wohl transportiert auch noch heute das Eis der sibirischen Flüsse und des sibirischen Schelfes erhebliche Mengen terrigenen Materiales, aber dieses Eis kommt in der Hauptsache, d. h. auch an seiner Unterseite, wo es diese Sinkstoffe fallen lassen könnte, zum Schmelzen erst dann, wenn es das eigentliche arktische Becken verlassen hat, also im ostgrönländischen Küstenstrome und südlich noch."

Die dem arktischen Becken angrenzenden atlantischen Gewässer behandelt Nansen hauptsächlich in Rücksicht auf die Schelfbildung. Er findet, daß innerhalb der hier behandelten Gebiete im allgemeinen der Schelf um so breiter und um so tiefer unter dem Meeresspiegel gelegen ist, je niedriger und flacher die angrenzende Küste ist (z. B. Trondhjemdistrikt), daß er aber um so schmäler ist und um so geringere Tiefen aufweist, je höher und steiler die benachbarte Küste aufragt (z. B. Farör oder die Südküste Islands). In Verbindung mit dem Schelf steht eine weitere Besonderheit des untermeerischen Reliefs dieser nördlichen Gewässer, die Nansen ebenfalls sehr ausführlich behandelt. Es ist die einige wenige Meter, meist nur 6 bis 10 *m* unter dem jetzigen Meeresniveau, aber auch stellenweise etwas über demselben liegende, an das Ufer unmittelbar angrenzende Küstenplattform oder Strandebene (norwegisch „Strandfladen", englisch „shore plane"), welche nicht mit den norwegischen Strandlinien oder Küstenterrassen über dem Meeresspiegel, verwechselt werden darf. Von dieser Strandebene

entwirft Nansen folgende Schilderung, die besonders auf die norwegischen Gewässer sich bezieht, jedoch auch für die entsprechenden Erscheinungen der benachbarten Gewässer meist Gültigkeit hat. „Weit nach See hinaus, manchmal einige 20 bis 30 Seemeilen oder 40 bis 50 *km* breit, erstreckt sich eine im ganzen fast vollkommen wagerechte, ebene Fläche, die aber durch gerundete Felsen und untermeerische Fjordtäler in einzelne, kleine, ebene Flächen zerschnitten ist; der Boden ist Fels oder doch jedenfalls fast frei von Geröll und Schutt. Die Niveauunterschiede auf dieser Plattform oder Strandebene sind äußerst gering, viel geringer als auf dem im allgemeinen auch nur wenig bewegten Schelfboden. Zu diesem letztern, der zum Unterschiede von der Strandebene meistens mit Schlamm und feinerm oder gröberm Sand bedeckt ist, führt ein ziemlich unvermittelter Abfall, der bis 10° Neigung gewinnt, hinab. Der Übergang dagegen zum heutigen festen Lande hinauf vollzieht sich sehr allmählich, und es ist oft schwierig, hier eine obere Grenze anzugeben."

Die Strandebene in ihrer vollendeten Ausbildung längs der norwegischen Küstengebiete fehlt den übrigen westeuropäischen Küsten oder sie ist daselbst nur ganz schmal; ebenso fehlt sie größtenteils auf der amerikanischen Seite des Nordatlantischen Ozeans, obschon sie bei Labrador und Neufundland angedeutet ist; sie fehlt auch bei den Farör und bei Island, findet sich jedoch gut ausgeprägt an der Westküste Grönlands.

Die Frage nach der Entstehungsweise dieser eigentümlichen Bodenform beantwortet Nansen dahin, daß es sich um ein Werk der Meeresbrandung, d. h. der Wellen handele, um marine Denudation. Die Strandebene ist bis zu 40 *m* breit, so breit also, daß es unmöglich ist, anzunehmen, sie sei bei unverändertem Meeresniveau von der Brandung geschaffen; die Wellen müßten ja bei ihrem Vorschreiten bis zur Küste über dem flachen Wasser bald den größten Teil ihrer erodierenden Kraft verloren haben. Daher würde der naheliegendste Gedanke, welcher ja auch bei allen lehrmäßigen Darstellungen der Abrasion ausgeführt wird, der sein, daß die Abrasion unter allmählicher Senkung des Landes oder allmählichem Vorrücken des Meeres, jedenfalls bei positiver (mariner) Strandverschiebung stattfindet. Durch diesen säkularen Vorgang wird eine ebenmäßige, aber von der Meerestiefe zum Festlande schwach ansteigende Fläche entstehen. Nach Nansen ist aber die norwegische Strandebene horizontal zu wenig geneigt, um in der angedeuteten Weise nur durch den Angriff der Brandung von der offenen See her entstanden sein zu können. Er macht daher die Voraussetzung, daß Küste und Meeresboden durch tiefe Fjorde und Kanäle bereits vollkommen zerschnitten und zerteilt waren, ehe die Bildung der Strandebene mit Erfolg von der brandenden See begonnen werden konnte; von verschiedensten Richtungen her begann gleichzeitig das Werk der Abtragung und Abschleifung. Die Strandebene soll daher jünger als die Fjorde sein. Nansen nimmt ferner in der Frage nach der Entstehung der Fjorde den gemäßigt glazialen Standpunkt ein, daß die Fjorde als alte, später untergetauchte Talbildungen in der Hauptsache vor der Eiszeit bestanden haben, und nur Einzelheiten der Bodengestaltung (Aufschüttung oder Ausräumung) durch das fließende Eis der Gletscher ihre Erklärung finden. Somit kommt Nansen zu dem Satze: Die Fjorde sind präglazial; die Strandebene ist postglazial, womit der Umstand übereinstimmt, daß die Strandebene meist aus blankem Fels besteht, während der weiter seewärts gelegene, ältere, gleich den Fjorden präglaziale Schelf von glazialem Schutte verschiedenster Korngröße übersät ist. Die Strandlinien sind nach Nansen wieder jünger als die Strandebenen. Nansen hat bei seiner Annahme einer vergleichsweise großen geologischen Jugend der Strandebene gewichtige Gegner gegen sich, so Reusch und Vogt, die für präglazialen Ursprung sprechen; E. Richter nimmt interglaziale Entstehung an, und A. M. Hansen hält überhaupt eine Entstehung durch das erodierende Eis für wahrscheinlich. Das Alter der Strandebene mag zweifelhaft, ihr mariner, also nicht glazialer Ursprung dürfte aber gesichert sein.

Was nun die Bildung der Schelfe und zunächst die Bildung des norwegischen Schelfes anbelangt, so geht Nansen davon aus, daß während langer präglazialer Epochen das Meeresniveau ein anderes als heute und die Fläche des heutigen Schelfgebietes trockenes Land gewesen sein muß. In dieser Zeit erhielt der spätere Schelf durch atmosphärische Erosion ein ziemlich unruhiges Relief; ist er doch durchaus keine solche einförmige Ebene wie die Strandebene oder Plattform, die bisher geschildert wurde, sondern meistens mit charakteristischen Terrainformen, mit Depressionen, Tälern usw. ausgestattet. So folgen die offenbar von frühern Flüssen geshaffenen Rinnen des norwegischen Schelfes zwei gut erkennbaren Hauptrichtungen, einer mit der Küste ziemlich parallel verlaufenden longitudinalen Richtung und einer dazu annähernd rechtwinkligen. In weit zurückliegenden geologischen Epochen müssen, wie nach den Tiefenlotungen auf dem Schelfe zu schließen ist, die heute untergetauchten longitudinalen Fjordtäler des Schelfes bis zu einem Niveau hinab erodiert worden sein, das heute 500 bis 600 *m* unter dem Meeresspiegel liegt. Als die Senkung dieses schon von den Atmosphärilien bearbeiteten (Land-) Gebietes erfolgte, hatte die Tätigkeit des Meeres erleichtertes Spiel, um eine Einebnung und Abrasion zu bewerkstelligen. Natürlich wurden dabei diejenigen Teile, welche aus weichern Gesteinsarten bestehen, wie z. B. die Küstenteile von Norrland und Finnmarken, stärker abgetragen als diejenigen Küstenstrecken, die aus harten, archäischen Gesteinen sich zusammensetzen, z. B. Romsdalen, Lofoten-Vesteraalen. Hierin liegt teilweise die Erklärung für die etwas verschiedene Tiefe der einzelnen Schelfpartien. In einem seewärts gelegenen Schuttkegel sind die terrigenen Sedimente dieser Periode angehäuft. Die Eiszeiten haben dann den norwegischen Schelf noch mit glacialem Blockmaterial überstreut; auch marine Ablagerungen kamen dazu, so daß der Schelf jedenfalls an Ausdehnung seitdem nicht verlor. Die eigentliche Entstehung des Schelfes fällt also vor die Eiszeit, wahrscheinlich in die Pliozänperiode. Bis in neueste Zeiten müssen endlich sehr erhebliche und verschiedenartige Niveauänderungen des Meeres, bald ein Steigen, bald ein Fallen des Meeresspiegels, eingetreten sein, die wir hier nicht weiter verfolgen wollen. Überblickt man im Anschlusse hieran die ähnlichen Bildungen in den höhern Breiten des Nordatlantischen Ozeanes, so z. B. den bekannten Nordseeschelf, den Schelf vor dem Englischen Kanale („die Gründe" vor dem Kanale) u. s. f., so ist hier wie dort nicht ein einheitliches Agens die Ursache für deren Entstehung gewesen; mehrere Faktoren haben in vereinter Wirkung diese interessanten Flachseegebiete geschaffen. In erster Reihe stehen dabei immer die subaerische Erosion und die submarine Denudation. In der Annahme, daß diese beiden Kräfte in Tätigkeit gekommen sind, liegt zugleich die Forderung der fernern Annahme, daß bedeutende Niveauänderungen, vorzugsweise marine Strandverschiebungen, damit Hand in Hand gegangen sind. Diese Schelfe von Großbritannien und Irland, von der Westküste Frankreichs, von den Farör, von Island, von Neufundland und wie sie alle heißen mögen, sind weder lediglich Produkte einer Anhäufung von terrigenen Sedimenten des angrenzenden Festlandes, noch lediglich ein Werk der brandenden Meereswogen, noch lediglich Aufschüttungen glazialer Art, sondern komplexe Bildungen, an denen alle die genannten Faktoren in jeweils verschiedenem Grade, ähnlich wie bei dem norwegischen Schelfe, Anteil gehabt haben. Man kennt aus den neuern Detailablotungen des Meeresgrundes auf den Schelfen eine ganze Reihe von wirklichen alten Flußtälern, welche heute untermeerisch sind; deren Gestalt fordert aber gebieterisch, daß sie durch das fließende Wasser auf einem ehemals festen Lande zustande gekommen sein müssen, ähnlich wie auch die Fjorde als Täler präglazialer Epochen durch die mechanische Arbeit rinnender Festlandsgewässer ihre erste Anlage erhalten haben müssen. Jedenfalls ist es unrichtig und gegenüber der Vielheit der zu berücksichtigenden Unterschiede im einzelnen unzureichend, mit J. Y. Buchanan diese Schelfe als reines Produkt der Brandungswoge auf gegenwärtigem Meeresniveau anzusprechen."

Die physische Geographie des finnischen Meerbusens behandelt E. F. Piccard[1]) auf Grund der hauptsächlichsten vorhandenen (besonders russischen) Literatur. Die Größenverhältnisse anbelangend, findet er, wenn als westliche Grenze die gerade Linie Spithamn-Hangö Udd angenommen wird, als Areal 29 884 *qkm*, als größte Tiefe 113 *m*, als mittlere Tiefe 35.8 *m* und als Volumen 1064 *ckm*.

Das Barentsmeer ist 1902 von der wissenschaftlichen Murmanexpedition erforscht worden, und Dr. L. Breitfuß macht über die bezüglichen hydrographischen Arbeiten Mitteilung.[2]) Es ergibt sich aus den angestellten Untersuchungen, daß der längs der norwegischen Westküste laufende Golfstrom sich in etwa 72° nördl. Br. teilt. Der Arm mit dem Wasser von größtem Salzgehalte verfolgt seinen Weg nach N, geht dem Westufer von Spitzbergen entlang bis zum 76. oder 77. Parallel, taucht hier unter die Oberfläche und erscheint wieder in einem nicht großen Rayon bei der Insel Amsterdam (etwa 79° N). Diesen ganzen Unterwasserweg von ca. 120 Seemeilen charakterisiert die Eisfreiheit des Fahrwassers im Frühlinge. Sie ist schon von altersher bekannt unter dem Namen „Whalers Bay", d. h. Walfängerbucht. Dabei gibt dieser Arm, auf die kontinentale Stufe Spitzbergens stoßend, noch einen Nebenarm ab, der, infolge der Erdumdrehung nach O neigend, in der Bodenrinne bis zum Stor-Fjord läuft.

Der zweite Hauptarm läuft in der Mulde zwischen Nordkap und der Bäreninsel, sich infolge der Erdumdrehung nach O neigend, ins flache Barentsmeer, in welches er, sich fächerförmig in Nebenarme teilend und ausbreitend, sich ergießt und dabei dem Bodenrelief anpaßt. Von diesen Nebenarmen sind am deutlichsten vier erkennbar, unter welchen der südlichste, in südöstlicher Richtung laufend, fast parallel der Murmanküste in einer Entfernung von nicht mehr als 100 Seemeilen (175 Werst) sich vor den beiden nächsten Zweigen durch höhere Temperatur (im Sommer) und geringern Salzgehalt auszeichnet, was bedingt wird durch die Nähe des im Sommer erwärmten und immer etwas süßer gewordenen kontinentalen Wassers.

Die drei andern Arme des Nordkapstromes werden bald von der aus O und NO kommenden kalten Strömung unkenntlich gemacht, sinken in die Tiefe und vermischen sich mit dem arktischen Wasser. Eine kalte Strömung mit einer Temperatur von — 1.8° läuft längs der Westküste von Nowaja-Semlja von S nach N bis zu etwa 100 *m* Tiefe. Was das Weiße Meer anbelangt, so ergibt sich, daß in den kesselförmigen und verhältnismäßig tiefen Teilen der westlichen Hälfte desselben, welche vom Ozeane durch eine sehr flache Barre von 50 bis 60 *m* Tiefe, die „Gurgel", geschieden sind, die untern Schichten im Verlaufe eines großen Teiles des Jahres eine sehr niedrige Temperatur be-

[1]) Dissertation Kiel 1903.
[2]) Petermanns Mitteil. **50**. p. 35.

sitzen, welche in Anbetracht ihres geringen Salzgehaltes (30 Promille S. für die untern Schichten) jahraus jahrein sehr nahe ihrem absoluten Minimum ist. Die obern Schichten können sich dank der Insolation und dem großen Zustrome warmen Süßwassers sehr stark erwärmen.

Ein Blick auf die schematische Karte der Verbreitung der Strömungen und der verschiedenen Dichtigkeit des Wassers im Barentsmeere zeigt, daß das Bett der Strömungen und der Bassins von Wasser großer Dichte, streng den Mulden und Kesseln des Meeresbodens entspricht. „Wir können überall konstatieren, daß das atlantische Wasser, bei seinem Ostlaufe auf die Stufen des verhältnismäßig flachen Barentsmeeres stoßend, sich in die Rinnen drängt, welche den Boden hauptsächlich in östlicher und nordöstlicher Richtung durchfurchen, und seine wohltätige Wärme über das ganze Meer verteilt. Daraus müssen wir schließen, daß nach dem ursprünglichen und Hauptfaktor, nämlich der Umdrehung der Erde, die einem Teile des Golfstromes auf seinem Wege längs der Westküste Norwegens eine östliche Richtung gibt und ihn zwingt, die Nordkapströmung abzuzweigen, wir den zweiten Hauptfaktor, der nicht minder wichtig ist, in den Mulden zu suchen haben, welche das Bett dieser Strömungen bilden. Diese Nordkapströmung mit ihren Verzweigungen ist in ihrer geographischen Lage ständig, ebenso beständig, wie es unsere Flüsse sind. Änderungen nach der Saison sind nur unterworfen: die Intensität der Strömung, die Höhe der Temperatur und der Grad der Konzentration der aufgelösten Salze; Änderungen, welche freilich nicht so sehr von den örtlichen Faktoren, als vom physischen Charakter des Hauptgolfstromes und von der Summe der Bedingungen abhängen, welcher sie unterworfen sind sowohl auf dem Tausende von Meilen langen Wege von seiner Wiege fast unter dem Äquator bis zu unsern polaren Breiten, wie auch im Mexikanischen Meerbusen selbst.

Fehlten diese Mulden auf dem Grunde des Barentsmeeres, so würde ein größerer Teil des atlantischen Wassers in dem Strombette längs dem Westufer Spitzbergens abfließen, und die geringe Menge warmen Wassers, welche dank der Erdumdrehung in unser Meer gelangte, wäre nicht imstande, uns vor einer Vergletscherung zu bewahren, die dem nördlichen Europa das Klima geben würde, welches Grönland besitzt."

Über die Strömungen im Nordmeere verbreitete sich auf Grund eigener und fremder Forschungen Johan Hjort.[1] Hiernach sind über diese Strömungen jetzt folgende Vorstellungen gewonnen: In dem großen zentralen Teile des Nordmeeres ist in den großen Tiefen eine gewaltige Wassermasse von sehr eintönigem Charakter. „Jedesmal," sagt Hjort, „wenn wir im Winter oder Sommer aus Tiefen von

[1]) Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1904. p. 484.

1000 bis 3000 *m* Wasserproben sammelten, zeigten diese genau denselben Salzgehalt und dieselbe Temperatur. Der Salzgehalt war durchschnittlich 34.93, und die Variationen überstiegen nicht 0.03‰, die Temperatur — 1.1° bis 1.2°.

Aus der Homogenität dieser Wassermasse kann man mit Sicherheit schließen, daß sie nur sehr geringe Bewegung hat. Sie ist durch die große Bank zwischen der Nordsee und Grönland vom Atlantischen Ozeane abgeschlossen, nach Professor Nansens Auffassung durch eine ähnliche Bank zwischen Spitzbergen und Grönland von dem großen Polarmeere getrennt.

Ähnliche stillstehende Wassermassen haben wir in unsern norwegischen Fjorden gefunden, wo große Wassermengen in Vertiefungen hinter den Schwellen der Fjordmündungen abgetrennt werden, und die Stagnation des Wassers sogar zum vollkommenen Verschwinden des Sauerstoffes und einer Sättigung mit Schwefelwasserstoff wie im Schwarzen Meere führt. Über den Ursprung des Bodenwassers des Nordmeeres hat Professor Nansen ausgedehnte Untersuchungen angestellt und ist zu dem Ergebnisse gekommen, daß es nicht, wie man früher glaubte, vom Polarmeere herstammt, sondern im Nordmeere selbst gebildet wird, und zwar in der Gegend zwischen Jan Mayen und Spitzbergen, wo das Bodenwasser bis an die Oberfläche emporsteigt und denselben Salzgehalt und dieselbe Temperatur hat wie am Boden, während das Wasser des Polarmeeres und des ostgrönländischen Polarstromes andere physikalische Verhältnisse zeigt.

Während wir also in den großen Tiefen stillstehendes Wasser haben, zeigen uns die obern Wasserschichten und das Wasser bis 700 bis 800 *m* Tiefe große Wechsel und Bewegungen. Sehr interessant ist der große Einfluß der Form des Meeresbodens auf die Ausdehnung der Strömungen selbst in der Oberfläche. Dies ist besonders längs des Abhanges der norwegischen Küstenbänke erkennbar.

Wir haben hier im Nordmeere bekanntlich bestimmte große Strömungen, den Atlantischen Strom, den Polarstrom usw.

Der Atlantische Strom sendet seine Wassermassen durch den Faröer-Shetlandkanal in das Nordmeer hinein, zwei Zweige werden an die Nordsee abgegeben; die Hauptmasse aber bewegt sich längs der norwegischen Küste, bis sie sich im Norden in zwei Teile teilt, von denen einer ins Barentsmeer, der andere längs der Westküste von Spitzbergen fließt. Die Geschwindigkeit dieses Stromes wechselt zwischen fünf und zehn Seemeilen in 24 Stunden. Von großem Interesse ist es, daß die Geschwindigkeit bis zu großen Tiefen dieselbe ist. Helland-Nansens Berechnungen beweisen, daß das Maximum oft erst in 100 bis 200 *m* Tiefe liegt; es ergibt sich hieraus, welche große Wassermassen in das Nordmeer hineingeführt werden. — Mit dem Atlantischen Strome kämpft der Polarstrom, der längs der Ostküste Grönlands an den Küsten Islands vorbei südwärts fließt. Er teilt sich bekanntlich in zwei Zweige, von denen der eine zwischen Island

und Grönland, der andere längs der Ostküste Islands gegen die Faröer fließt.

Es ist eine alte Frage, ob dieser Polarstrom im Winter den Atlantischen Strom durchqueren und an die Küsten Norwegens heranfließen kann. Durch sehr anstrengende Fahrten haben wir während der Winterzeit bis zu Jan Mayen und Island die Strömungen untersucht und gefunden, daß der warme Atlantische Strom das ganze Jahr hindurch den östlichen Teil des Nordmeeres beherrscht. Das hat für das Verständnis des nordeuropäischen Klimas eine große Bedeutung; wir haben nämlich gefunden, daß der warme Strom während des Winters so viel Wärme an die Atmosphäre abgibt, daß er bis zu 200 *m* Tiefe um mehrere Grade kälter wird. Im Sommer 1900 war der Atlantische Strom etwa 2° kälter als in andern Jahren, was mit einem ungewöhnlich kalten Sommer im nördlichen Norwegen zusammenfiel.

Wenn die Strömungen deswegen auch im großen und ganzen ihre Richtung behalten, so sind doch ihre Variationen von der größten Bedeutung. So fließt im Sommer das leichte Küstenwasser in der Oberfläche von der Küste weg und führt auch eine Menge schwebender Küstentiere mit, die wieder im Winter wahrscheinlich mit dem zurücktreibenden Oberflächenwasser an die Küsten zurückgeführt werden.

Wie wir im Nordmeere das Gebiet des warmen atlantischen Wassers von dem Gebiete des kalten Polarwassers unterscheiden können, so gestaltet sich auch im Nordmeere, diesen Gebieten entsprechend, das Tierleben sehr verschieden. In den großen Tiefen des zentralen Teiles haben wir eine rein arktische Fauna, die ebenso wie das Bodenwasser in der Gegend von Jan Mayen, Spitzbergen und Ostgrönland in bedeutend geringere Tiefen emporsteigt. Auf der großen Tiefebene selbst ist die Individuenzahl sehr gering.

Im hohen Norden herrschen Mischgebiete, in denen sich die arktische Fauna auch mit südlichern Formen mischt. Vor allem gilt dies von dem Barentsmeere und der südlichen Küste von Spitzbergen.

Vollkommen verschieden von diesen arktischen Gebieten sind die Regionen der norwegischen und isländischen Küstenbänke und Fjorde, sowie des Rückens zwischen Großbritannien und Island. Wir haben hier überall den Einfluß des atlantischen Wassers. Wir finden hier die atlantischen Formen, von denen eine große Menge in den norwegischen Küstenmeeren vorkommt, wenn sie auch hier allmählich mit borealen oder arktischen Formen gemischt auftreten. Viel schwieriger ist es, den Zusammenhang zwischen den Meeresströmungen und den schwebenden Organismen zu erforschen. Je tiefer man aber hier einzudringen vermag, um so viel klarer kann man das vielfältige Vermögen der Organismen, sich an die sie umgebenden Verhältnisse anzupassen, erkennen."

Verf. verbreitet sich dann eingehend über das Auftreten und die Wanderungen der Seefische im Nordmeere, besonders des so wichtigen Dorsches, worüber auf das Original verwiesen werden muß.

Die große Eistrift bei der Neufundlandbank im Jahre 1903. Im Frühlinge jenes Jahres erschienen die arktischen Treibeismassen östlich von der großen Neufundlandbank in einer so großen Anzahl, wie sie seit vielen Jahren nicht gesehen worden war, so daß sogar die vereinbarten transatlantischen Dampferwege nicht eingehalten werden konnten. Schon am 2. Februar hatten einlaufende Küstenfahrer nach St. Johns auf Neufundland die Nachricht gebracht, daß große arktische Eismassen im Antreiben wären, voraussichtlich die östliche Küste Neufundlands blockieren und sich über die große Bank ausbreiten würden. Drei Tage später war bereits der Hafen von St. Johns vom Eise blockiert, längs der ganzen Küste lagen Packeistriften, und das Meer war voll von arktischem Eise, welches mit der Labradorströmung gegen die Dampferwege hin trieb. Am 8. März erreichten eine ganze Reihe von Eisbergen den 45° nördl. Br. rechts an der Kante der großen Bank, und einige Tage früher wurden solche schon unter 43° westl. L. gesehen. Professor Gerhard Schott hat dieser merkwürdigen Erscheinung sogleich seine Aufmerksamkeit gewidmet und alles bekannt werdende Material darüber gesammelt.[1]) Nach seiner Zusammenstellung betrug in der zweiten Hälfte des März die tägliche Trift der Eisberge oder die Geschwindigkeit des Labradorstromes 15 bis 16 Seemeilen. Er machte damals darauf aufmerksam, daß das Gros des Eises im Frühjahre 1903 reichlich 1 Breitengrad südlicher liege, in einzelnen Bergen nahezu 1½ Breitengrade südlicher vorgedrungen sei, als gewöhnlich der Fall ist. Dazu komme als weiterer gefährlicher Umstand das auffällig massenhafte Auftreten. Einzelne Dampfer seien tagelang durch Eisfelder und an Eisbergen vorbei gefahren; häufig seien „unabsehbare, nach Norden sich erstreckende Eisfelder“ gemeldet. Was die Größe der Eisberge betrifft, so schwankten die Angaben zwischen ganz kleinen Eisbrocken und der Dimension 100 *m* Höhe bei 600 *m* Länge; diese letztern, nur von einem Schiffe gegebenen Werte sind jedoch nach Prof. Schott, zumal was die Höhe anlangt, wohl mit einem Fragezeichen zu versehen; denn man überschätzt bekanntlich leicht sowohl den Abstand von einem Objekte wie seine Höhe, und Höhen von 60 *m* sind selbst für die antarktischen Eisbergriesen ein mittleres Maximalmaß. Häufig wurden für die damaligen Neufundlandeisberge Höhen von 40 bis 100 Fuß, also rund 15 bis 35 *m* angegeben.

Nachdem die Eistrift als solche nunmehr vor fast einem Jahre ihr Ende erreicht hat, und alles zu erwartende Material im wesentlichen eingelaufen ist, hat Prof. Schott eine genaue Untersuchung derselben und eine Studie über die Wärmeverhältnisse des Meer-

[1]) Annalen der Hydrographie 1903. p. 204.

wassers im Jahre 1903 veröffentlicht, die zu eben so interessanten als wissenschaftlich wichtigen Ergebnissen führte.[1])

Was zunächst die Eisverbreitung anbelangt, so erstreckte sich nach Prof. Schotts Untersuchungen während des ganzen April die große Eismasse in äußerst kompaktem, dichtem Auftreten und ununterbrochen bis reichlich 41° nördl. Br. südwärts herab längs der Ostkante der Bank. Im April 1903 war auf den unter gewöhnlichen Umständen gültigen, vereinbarten New-Yorker Dampferwegen sowohl der Ausreisen wie der Heimreisen noch durchweg so viel Eis, daß die Verlegung dieser Wege nach Süden der Sicherheit halber mit Recht noch für den ganzen Monat Mai von den beteiligten Dampfergesellschaften aufrecht erhalten wurde.

Die Eisverhältnisse des Mai 1903 zeigten eine Besserung in der kritischen Gegend, d. h. an der Südostecke der Bank; das Treibeis war seiner Hauptmasse nach zeitweise auf dem Rückzuge insofern, als sehr südliche Positionen nur noch ausnahmsweise vom Eise erreicht wurden. Auf rund 42° nördl. Br. und nördlich davon stand zwischen den Meridianen von 52 und 54° westl. L. in der zweiten Hälfte des Mai eine größere Zahl Eisberge, desgleichen an der Ostkante der Bank selbst; doch blieb dies Eis hier immerhin vereinzelt. Die Kernmasse des Eises lag im Mai auf dem nördlichen Teile der Bank, die Südgrenze für das Gros war ungefähr durch den Breitengrad von Kap Race gegeben; das Hauptphänomen spielte sich also im Mai nicht mehr im Südosten der Neufundlandbank, sondern im Südosten Neufundlands ab.

Die vorübergehende Verminderung des Treibeises in der Nähe der New- Yorker Dampferwege während des Monates Mai hielt aber nicht an; im Juni 1903 erfolgte ein zweiter, wenn auch im Vergleiche mit den Aprilverhältnissen schwächerer Vorstoß des Treibeises wieder sehr weit nach Süden, bis nach 41° nördl. Br. unter 49 bis 48° westl. L.

Die Vorposten dieses zweiten Nachschubes waren nach Professor Schott bereits Anfang Mai 1903 auf der Höhe von St. Johns erschienen. Am 5. Mai in St. Johns einkommende Schiffe hatten gemeldet, daß ungeheuere Eisfelder über die Bank südwärts trieben, daß die ganze Nordküste Neufundlands durch Eis blockiert sei, und zahllose Eisberge dort mit der Strömung südwärts zögen. Die tägliche Geschwindigkeit betrug vielleicht 13 Seemeilen, also etwas weniger als bei der ersten Trift im März.

Während der Monate Juli und August 1903 beschränkte sich das Eisvorkommen (ähnlich wie im Mai) auf die nördlichsten Teile der Bank. Die Belle-Islestraße wurde erst am 4. Juli 1903 passierbar, war am 9. Juli fast eisfrei, doch erschienen schon von Mitte Juli ab wieder sehr viele Berge vor der Straße, welche zum Teile in dieselbe eindringen konnten, so daß die Schiffahrt von neuem daselbst sehr

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1904. p. 277.

behindert war. Diese Gegend ist überhaupt in der Saison 1903 niemals ganz eisfrei geworden.

Was nun die Wärmeverhältnisse des Meerwassers im Jahre 1903 anbelangt, so findet Prof. Schott aus der sorgfältigen Prüfung des ganzen vorhandenen Materiales, daß schon im Januar 1903, als noch keine Spur von Eis auf den Schiffahrtslinien in Sicht war, das Wasser mit Ausnahme des schmalen Streifens zwischen amerikanischer Küste und 65° westl. L. durchweg über die ganze Breite des Ozeanes hin bis nach Europa zu kalt war, um 1 bis 3° in der westlichen, um 0.5 bis 1° zu kalt in der östlichen Hälfte. „Darauf folgte, und zwar von Februar bis Ende April hin eine sehr regelmäßige Zunahme der Ausbreitung eines Temperaturüberschusses schrittweise von Westen nach Osten in dem Sinne, daß die anfänglich negative Temperaturanomalie allmählich bis nach 30° westl. L. (!) in eine solche mit positivem Vorzeichen überging, und zwar war stets zwischen 70 und 60° westl. L., also dort, wo die Schiffe im stärksten Striche des Golfstromes sich befinden, der Betrag dieser positiven Abweichung am größten, so daß man den Eindruck erhält, daß der Golfstrom im Frühjahre 1903 eine über sein durchschnittliches Maß hinausgehende thermische Energie entwickelt hat. Wohlgemerkt, fällt dieser Wärmevorstoß in die Zeit der ersten gewaltigen Eistrift. Dieser Periode des Vordringens der Wärme folgte dann vom Mai bis Juni, d. h. im Frühsommer, als die zweite Eistrift sehr mächtig war, ein ebenso entschiedener Rückgang der positiven Temperaturanomalie auf der ganzen westlichen Hälfte der Wege (lediglich zwischen 65 und 70° westl. L. blieb das Wasser zu warm), und diese nunmehr wieder den Ozean in seiner gesamten Breitenausdehnung umfassende abnorme Abkühlung blieb in bewundernswerter Konstanz bis Ende September erhalten. Während dieses Zeitraumes war die Abkühlung meistens am größten zwischen 60 und 45° westl. L.; in der nähern und weitern Umgebung der Neufundlandbank und auch südlich davon im Golfstromgebiete war damals das Meerwasser um durchschnittlich 2° zu kalt. Auch für die europäische Seite des Ozeanes kann man vielleicht eine allerdings geringe Steigerung des Wärmedefizits feststellen, denn das Wasser war im Sommer 1903 daselbst im Mittel um mehr als 1°, stellenweise und zeitweise um nahezu 2° zu kalt.

Eine dritte und letzte Periode von einem Wärmecharakter, der dem des Sommers entgegengesetzt ist, aber dem des Frühlinges entspricht, begann endlich mit Ende September, Anfang Oktober 1903 und hielt bis Ausgang des Jahres an; die Flächeneinheiten mit Wärmeüberschuß auf der amerikanischen Hälfte des Ozeanes erfahren von neuem eine Vermehrung auf Kosten derjenigen mit Wärmemangel, so daß schließlich im Dezember die geographische Ausbreitung der positiven und negativen Wärmeanomalie sich die Wage hielt."

Prof. Schott widmet der Umgebung der Neufundlandbank eine spezielle Untersuchung bezüglich der thermischen Wirkung des Eis-

vorkommens und wendet sich dann zu den Ursachen der besondern Wärmeverhältnisse des Jahres 1903. Dieser Teil seiner Untersuchung ist der interessanteste und wichtigste, und er möge deshalb hier vollständig wiedergegeben werden. Prof. Schott sagt:

„Suchen wir aus den vorstehenden Betrachtungen im Hinblicke auf die ganz ungewöhnlichen Mengen von Treibeis und Eisbergen des Jahres 1903 allgemeine Gesichtspunkte über die Ursachen und thermische Bedeutung eines solchen Naturphänomens zu gewinnen, so ist es wohl sicher, daß die Wärmeverhältnisse des Oberflächenwassers im Nordatlantischen Ozeane im Jahre 1903 unter dem Einflusse mindestens zweier bestimmender Faktoren gestanden haben. Das Vorhandensein der großen Eismassen ist von nicht zu vernachlässigendem, wenn auch wohl lokalem Einflusse gewesen — es soll davon erst an zweiter Stelle die Rede sein. Ein viel wichtigerer und grundlegender Faktor ist aber nach meiner Überzeugung in allgemeinen, vorwiegend wohl als Intensitätsänderungen zu charakterisierenden Schwankungen zu erblicken, denen die zwei großen Strömungen, der Golfstrom sowohl als auch der Labradorstrom, unterworfen gewesen sein müssen. Es sind dies also Einflüsse, die mit dem Eisvorkommen nichts zu tun haben, deren Ursprungsgebiet vielmehr lokal sehr weitab von den hier betrachteten Meeresgegenden liegen kann und wahrscheinlich wirklich entfernt gewesen ist, es sind Einflüsse von weitreichender und anhaltender Wirkung auch auf das Klima der betroffenen Gebiete. Das Thema der unperiodischen großen Schwankungen der ozeanographischen und meteorologischen Werte über dem nördlichen Nordatlantischen Ozeane und ihrer Bedeutung im besondern für das Klima von Westeuropa ist ja seit Petterssons erster Abhandlung, der sich Arbeiten von Dickson, Meinardus u. a. anschlossen, nicht von der wissenschaftlichen Tagesordnung verschwunden; die Gedankenfolge, welche dabei in Betracht kommt, mag, obschon sie Fachmeteorologen geläufig ist, hier unter Benutzung der klaren Ausführungen von Meinardus angedeutet sein. „Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Geschwindigkeit des Golfstromes, seine Wärmeführung und Oberflächentemperatur, die relative Tiefe der barometrischen Minima, die Stärke und Richtung der vorherrschenden Luftströmungen über ihm wenigstens in der kalten Jahreszeit auf das engste miteinander verknüpft sind, und zwar in der Weise, daß diese Elemente eine in sich geschlossene Kette von Ursachen und Wirkungen darstellen. Denn ein jedes dieser Elemente wird von dem vor ihm genannten beeinflußt, und das erste ist von dem letzten abhängig. Wird nämlich aus irgend einem Grunde die Geschwindigkeit des Golfstromes z. B. über das normale Maß vergrößert, so wird die Wärmezufuhr aus südlichen Breiten vermehrt, es wächst dis Temperatur, d. h. es entsteht eine positive Temperaturabweichung von der normalen. Eine positive Temperaturabweichung hat eine Vertiefung des isländischen Luftdruckminimums und wahr-

scheinlich auch eine Vertiefung der ganzen Luftdruckfurche, welche sich über das Nordmeer erstreckt, zur Folge. Einer abnormen Tiefe des Luftdruckes über dem Meere entspricht eine höhere Windgeschwindigkeit über dem Golfstrome. Eine Folge der stärkern Luftbewegung ist eine Beschleunigung der Meeresströmung, zumal wenn die Richtung des Windes, wie es tatsächlich hier der Fall, mit der Richtung des Golfstromes zusammenfällt. Eine Beschleunigung der Wasserbewegung aus Süden und Südwesten entspricht aber wieder einer vermehrten Wärmezufuhr, und so fort.

Eine einmal eingeleitete Störung des Gleichgewichtszustandes wird sich also selbst zu erhalten streben, und es ist möglich, wenn auch sehr schwer zahlenmäßig zu beweisen, daß wir diesem Systeme sich selbst induzierender Kräfte die Konstanz des Sinnes der Temperaturabweichung des Golfstromes mehrere Monate hindurch zuzuschreiben haben. Natürlich findet dieser Vorgang ein Ende, wenn von außen her Einwirkungen sich geltend machen, welche jenen Kräften mit Erfolg entgegenarbeiten. Das kann z. B. dadurch geschehen, daß die Geschwindigkeit der kalten Polarströmungen zunimmt, welche östlich von Neufundland als Labradorstrom und östlich von Island als Abzweigung der ostgrönländischen Strömung dem Golfstrome in die Flanken fallen und seine Temperaturverhältnisse beeinflussen.

Eine abnorme Zunahme der Geschwindigkeit des Labradorstromes ist aber gerade in solchen Wintern wahrscheinlich, wenn auch der Golfstrom und die Winde über ihm eine größere Geschwindigkeit haben. Denn da die nordwestlichen Winde, welche an der Küste Labradors wehen, durch eine Vertiefung des isländischen und westgrönländischen Minimums ebenso verstärkt werden, wie die südwestlichen Winde vor den Küsten Europas, so wird mit ihnen auch die Labradorströmung beschleunigt. Es scheint mir nicht ausgeschlossen zu sein, daß der Labradorstrom in solchen Fällen dem Golfstrome, welchen er östlich Neufundlands trifft, eine negative Temperaturabweichung gibt, welche aber erst nach Verlauf eines halben Jahres in den nordwesteuropäischen Meeren zur Geltung kommen würde. Die Folge davon würde dann das Auslösen eines entgegengesetzt wirkenden Kreislaufes von Kräften sein, wie er oben geschildert wurde."

Die hier von Meinardus vorgetragenen Schlußfolgen sind alle einleuchtend und zwingend, wenn schon über die relative Bedeutung der einzelnen bestimmenden Elemente keine bestimmten Angaben gemacht werden können. Viel mißlicher aber in Hinblick auf den naheliegenden Wunsch, ein wirkliches Beispiel solchen Zusammenwirkens der ozeanographischen und meteorologischen Faktoren vorzuführen, ist die Schwierigkeit, ja nahezu Unmöglichkeit, anzugeben, was im einzelnen Falle Ursache, was Wirkung ist, d. h. wo der Ausgangspunkt der primären unperiodischen Abweichungen gelegen, und

wann er zuerst wirksam geworden. Da außerdem noch für eine nicht absehbare Zukunft der Versuch nutzlos erscheint, synoptische Karten der Stromversetzungen zu entwerfen, sofern man solche Karten mit Karten der durchschnittlichen Stromzustände vergleichen will, da ferner die synoptischen Wetterkarten für das Jahr 1903 erst in etwa vier Jahren vorliegen werden, und die provisorischen Angaben in den „Internationalen Dekadenberichten" für unsern Zweck nicht genügen, so ist es jetzt nicht möglich, speziell auf das Jahr 1903 eine Anwendung dieser oben wiedergegebenen Gesichtspunkte zu versuchen. Es kann nur die Wahrscheinlichkeit folgender Zusammenhänge behauptet werden.

In Übereinstimmung mit dem dargestellten Wärmegange hat der Golfstrom im Frühjahre 1903, nachdem im Vorwinter 1902/03 eine Schwächung desselben vorgelegen hat, einen sehr energischen Vorstoß nach Osten bis zur Mitte des Ozeanes gemacht unter Vermehrung seines Wärmeinhaltes und unter Vergrößerung seiner Geschwindigkeit. Dieser Vorstoß hat seinerseits Veranlassung gegeben zu einer Verstärkung des kalten Labradorstromes. Man kann darin nach dem Gesetze der Kompensationsbewegungen einen unmittelbar bedingten, also lediglich ozeanographischen Vorgang sehen, man kann aber auch, wie dies Meinardus vorsieht, den Umweg und die Einschaltung der Mitwirkung der meteorologischen Glieder wählen; das Endergebnis, welches mir ganz sicher erscheint, wird immer dasselbe sein, daß nämlich in der Tat durch eine größere Geschwindigkeit des Golfstromes eine größere Geschwindigkeit des seitlich einfallenden Labradorstromes ausgelöst wird, und zwar wird ein gewisser zeitlicher Spielraum notwendig sein, bis die Intensitätsvermehrung des Labradorstromes zur allgemeinen Erscheinung wird. Aus dieser Auffassung folgt weiter, daß die abnorme Eistrift des Jahres 1903 durch eine im Spätwinter 1902/03 und Frühjahre 1903 eingetretene besonders starke Golfstromtrift, wenn auch natürlich nicht allein verursacht, so doch sicher sehr begünstigt worden sein dürfte. Ein starkes Fließen des Golfstromes auf der amerikanischen Hälfte des Ozeanes wird immer nach gewisser Zeit die Neigung zu vermehrtem Fließen des Labradorstromes und damit in den Monaten, in denen überhaupt Eis treibt, die Wahrscheinlichkeit für ein weit südliches Vordringen des Neufundlandeises herbeiführen.

Der Labradorstrom seinerseits hat, wenigstens auf der Neufundlandbank und deren weiterer Umgebung auch über dem tiefen Wasser, die Sachlage beherrscht vom Mai bis zum August 1903 einschließlich; und von September ab ist dann der im Sommer zum mindesten thermisch zurückgedrängte Golfstrom wieder in seine alten Rechte getreten. So weit lassen sich aus großen, allgemeinen Schwankungen der Wasserbewegungen die Wärmeverhältnisse des Jahres 1903 erklären, und es ist sogar notwendig, anzunehmen, daß hierdurch der Grundton des gesamten Wärmeganges gegeben gewesen ist, auch

wenn es zu Eistriften dabei gar nicht gekommen wäre. Denn der wiederholt betonte Umstand, daß die negative Wärmeanomalie erst vom Mai ab in der Neufundlandgegend eintritt, während das Eis doch schon seit Februar in großen Massen dort lagerte, der Umstand ferner, daß die negative Wärmeanomalie bis nach Europa herüber schon im Januar vorhanden war, lehrt doch sofort, daß das Eis als solches nicht die allererste Ursache für die Eigenheiten der Temperaturen im Jahre 1903 gewesen sein kann. Wir schließen vielmehr, wie oben ausgeführt ist, in umgekehrter Weise, daß das Eis nicht Ursache, sondern zunächst nur eine Folge, nur eine Begleiterscheinung der abnormen Wärmeverhältnisse und der Stromänderungen gewesen ist.

Die Stromänderungen ihrerseits sind zweifellos durch die Windverhältnisse, letztere wieder durch die Luftdruckverteilung bestimmt gewesen; wie schon oben angedeutet, werden wir hierin erst nach einigen Jahren klar sehen, wenn die synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeanes für 1903 fertig vorliegen, wobei die Beobachtungen gerade der Stationen von Labrador, Grönland, Island usw. unentbehrlich sind. Höchstwahrscheinlich haben im Winter 1902/03 und Frühjahre 1903 über dem Gebiete des Labradorstromes vorwiegend Nordwest- und Nordwinde geweht, über dem Gebiete des Golfstromes Süd-, Südwest- und Westwinde, also Winde, die in beiden Fällen Anlaß zu einer Beschleunigung der Strömung und damit auch zu schärferer Ausprägung der ihnen eigentümlichen Wärmeverhältnisse gegeben haben werden.

Es sind diese Angaben nicht lediglich Vermutungen; denn eine Untersuchung über die Treibeisgrenzen in den Neufundlandgewässern der Jahre 1880 bis 1891 zeigt im besondern für die Jahre 1881 und 1884, die hinsichtlich der Eismengen grundverschieden waren, daß auch die vorwiegenden Winde dieser zwei Jahre in den entsprechenden Monaten (Januar bis April) ungemein verschieden waren, ja fast entgegengesetzte Richtungen hatten. Das eisarme Jahr 1881 brachte nämlich im Labradorstromgebiete ganz vorwiegend östliche und nordöstliche Winde (mit Ausnahme des Februar), im Golfstromgebiete nördliche und nordwestliche Winde, fast gar keine südlichen Winde (wiederum mit Ausnahme des Februar); das sehr eisreiche Jahr 1884 dagegen — mit welchem das Jahr 1903 zu vergleichen wäre — zeigte über dem Labradorstrome nahezu ausschließlich Nord- und Nordwestwinde, über dem Golfstrome aber vorherrschende West-, Südwest- und Südwinde. Diesen durchgreifenden Unterschied in der allgemeinen Richtung der Luftbewegung der Monate Dezember 1880 bis April 1881 einerseits und der Monate Dezember 1880 bis April 1884 anderseits erhält man bei einer auf Grund der täglichen synoptischen Wetterkarten des Nordatlantischen Ozeanes vorgenommenen Auszählung der beobachteten, bzw. abgeleiteten Windrichtungen. Noch klarer und einfacher fast ergibt sich dieser

Unterschied aus einem Vergleiche der den eben erwähnten Karten beigefügten mittlern Monatsisobaren, indem man nach dem Vorgange von Meinardus und Brennecke aus diesen Isobaren die mittlere Zirkulationsrichtung der Luft ableitet. Im eisarmen Winter und Frühjahre 1881 lag — immer mit Ausnahme des Februar — das nordatlantische Luftdruckminimum vergleichsweise sehr weit südlich, auf 45° nördl. Br., ja sogar in der Nähe der Azoren, und anderseits so weit westlich wie die Ostküste von Neufundland; im eisreichen Winter und Frühjahre 1884 aber finden wir das Zentrum der Depressionen fast immer bei Kap Farewell und bei Island, zeitweise in einer flachen Rinne nach SW bis zur Ostküste der Vereinigten Staaten ausgreifend. Aus all diesem geht hervor, daß die Luftdruckverteilung schließlich auch für die Eisverbreitung in der Nähe der Neufundlandbank von maßgebendem Einflusse wird, wie dies Brennecke an einem andern Beispiele, an der Lage der Eisgrenze zwischen Grönland, Island und Spitzbergen in den verschiedenen Jahren, klar nachgewiesen hat. — Nebenbei sei bemerkt, daß auffälligerweise das Jahr 1881, welches ganz ungewöhnlich eisarm auf der Neufundlandseite gewesen ist, im Nordosten des Atlantischen Ozeanes, also zwischen Island und Spitzbergen, sehr eisreich sich gezeigt hat, und daß in entsprechender Weise das im Westen, d. h. bei Neufundland, sehr eisreiche Jahr 1884 ein eisarmes für den Nordosten, für Island und Spitzbergen gewesen ist. In einer besondern Untersuchung wird demnächst festgestellt werden, ob regelmäßig solch gegensätzliches Verhalten hinsichtlich der relativen Eismenge zwischen den bezeichneten zwei Meeresgebieten besteht oder nicht. Auch die Abhängigkeit des Eisreichtumes oder der Eisarmut von Strom, Wind, Luftdruck in der Neufundlandgegend sollte für eine längere Periode klargestellt werden; hier konnte nur auf die Jahre 1881 und 1884 hingewiesen werden, um das Typische der Verhältnisse festzulegen.

Die vorstehenden Darlegungen sollen nun keineswegs ausschließen, daß im Jahre 1903 das Eis als solches die Temperaturen des Meerwassers auch beeinflußt hat; es muß gewiß ursächlich, und zwar als zweiter Faktor, bei der Erklärung der besondern Wärmeverhältnisse des Ozeanes im Jahre 1903 auch herangezogen werden. Aber die Hauptfrage ist dabei diejenige nach der regionalen und zeitlichen Begrenzung speziell dieses Einflusses des Eisvorkommens. Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß das Eis schon vom Monate März ab bis Juli einschließlich die Schiffahrtswege in der Neufundlandgegend belästigt hat, daß die dort seit Februar bestehende positive Temperaturanomalie aber erst vom Mai ab verschwindet, so hat das Eis, dessen thermischer Einfluß mit in den allgemeinen thermischen Änderungen aufgegangen ist, etwa zwei Monate gebraucht, bis seine Wirkung offensichtlich wurde; diese thermische Wirkung wird dann anderseits im Herbste auch etwa zwei Monate länger bestanden haben, nachdem das Eis als solches schon verschwunden

war. Wir kommen damit zu dem Schlusse, daß eine direkte Beeinflussung der Wassertemperatur durch das Eis im Bereiche der neufundländischen Gewässer für die Monate Mai bis September 1903 einschließlich wahrscheinlich stattgefunden hat; sichere Beweise für eine solche Beeinflussung einzelner Gebiete sind die Fälle, in denen in den Monaten von Mai bis August ein vom normalen jährlichen Temperaturgange abweichender Temperaturgang festgestellt ist. — Zugleich ergibt sich, daß weder im Sommer 1903, in welchem frühestens die Eiswirkung zur europäischen Küste gelangt sein könnte, noch im Herbste 1903 eine Ausdehnung dieses thermischen Einflusses der Eisberge bis herüber nach Europa sich bemerkbar gemacht hat; die für die Längen 35 bis 5° W mitgeteilten Abweichungen vom normalen jährlichen Temperaturverlaufe fallen sämtlich in das Frühjahr. Es ist somit nicht anzunehmen, daß das Eis des Jahres 1903 als solches irgend eine unmittelbare Wirkung auf die Wärmeverhältnisse Westeuropas im Jahre 1903 ausgeübt hat; eine solche Wirkung blieb vielmehr auf die Neufundlandgegend beschränkt und zeigte sich auch in der letztgenannten Gegend nur zeitweise in den Monaten Mai bis September.

Eine solche Einschränkung der Bedeutung des Eisvorkommens für die Meerestemperatur dürfte auch den Anschauungen der nautischen, praktischen Kreise entsprechen. Selbst in den Neufundlandgewässern macht sich die vom Eise bedingte Abkühlung nur erst einer besondern Untersuchung bemerkbar, welche die normalen Werte und den normalen jährlichen Gang zum Vergleiche heranzieht. Im übrigen ist auch im Jahre 1903 die alte Erfahrung bestätigt worden, daß das Eis im Nebel keineswegs mit irgend einer Sicherheit durch ein unvermitteltes und unverkennbares Fallen der Wassertemperatur angezeigt wird; zahlreiche Fälle sind gemeldet, in denen gewaltige Eismassen ringsum waren, ohne daß vor- und nachher erhebliche Änderungen der Wasserwärme zur Beobachtung gelangten, anderseits ebenso viele Fälle, in denen bei klarem Wetter weit und breit kein Eis zu sehen war, und doch riesige und plötzliche Temperatursprünge eintraten. Die ozeanographischen Verhältnisse liegen eben, zumal bei der Neufundlandbank, zu verwickelt, als daß man bei dickem Wetter irgend eine einwandfreie, sichere Warnung vor Eis aus den Wassertemperaturen erhalten oder ableiten könnte. Im besondern ist der meist plötzliche Temperaturrückgang, den alle die konventionellen Wege benutzenden Dampfer zu allen Jahreszeiten zwischen 52 und 48° westl. L., besonders unter 50 oder 49° westl. L. beobachten, mögen sie westwärts oder ostwärts bestimmt sein, eine feststehende ozeanographische Erscheinung, die mit dem Eise als solchem nichts zu tun hat. Aufmerksamkeit bei den Schiffsführern erwecken und eine leise Mahnung zu vermehrter Vorsicht geben sollten Temperatursprünge aber dann, wenn sie außerhalb der eben bezeichneten Längengrade in Gegenden auftreten, die nach sonstigen Erfahrungen Eisberge oder Treibeis gelegentlich führen."

Das Tiefenstromsystem des Stillen Ozeanes und die Entstehung der Kalifornienströmung besprach S. E. Bishop im zweiten Septemberhefte von „Science“. Er führt letztere auf die antarktische Tiefenströmung zurück, statt sie als Fortsetzung des Kuro-shiwo anzusehen. Letzteres könne aus zwei Gründen nicht sein. Der Kuro-shiwo breitet sich aus, verliert infolgedessen an Mächtigkeit und kann an der amerikanischen Küste nicht als starker Strom erscheinen. Ferner ist der Kalifornienstrom zu kalt. Wenn er die Wassermassen des Kuro-shiwo weiterführte, so folgte aus der Geschwindigkeit, daß der Kuro-shiwo der starke Strom geblieben ist. Dann müßte er sich aber die Wärme erhalten haben.

Eine aus der Antarktis stammende ungeheuere Wassermasse von nur 1.6° füllt die Tiefen des Stillen Ozeanes. Während im Atlantischen Ozeane kalte Tiefseeströmungen auch aus der Arktis zum Äquator fließen, sich hier mit den antarktischen Massen stauen und an die Oberfläche steigen, fehlt dem Stillen Ozeane bei seiner fast völligen Abgeschlossenheit gegen das nördliche Eismeer dieser Zufluß aus dem Norden. Es unterbleibt der gegenseitige Auftrieb, und der antarktische Tiefenstrom, der bei der großen Front des Ozeanes gegen das südliche Eismeer sehr mächtig ist, fließt weiter nach Norden, wobei er durch die Erdrotation nach Osten abgelenkt und gegen den amerikanischen Kontinent gedrängt wird. Zugleich vergrößert er auch seine Geschwindigkeit, da der Querschnitt, den er durchfließt, nach Norden immer kleiner wird. Durch fortdauernden Nachschub verstärkt, muß der Tiefenstrom sich aber einen Ausweg suchen.

In der Höhe von Vancouver setzt nun der kalte, starke Kalifornienstrom ein, und Bishop schließt aus seinen Ausführungen, daß es nur das Wasser des antarktischen Tiefenstromes sein kann, das hier an die Oberfläche tritt, um dann auf das Klima der Westküste der Union seinen bedeutsamen Einfluß auszuüben. Unter dem 30. Breitengrade biegt der Kalifornienstrom nach SW ab und fügt sich in die Äquatorialströmung des NO-Passates ein. Bemerkt sei noch, daß Bishop selbst auf die Notwendigkeit, seine Theorie durch Lotungen und Messungen zu prüfen, hinweist.

Die Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres sind von W. Brennecke untersucht worden.[1]) Während in günstigen Jahren die Umsegelung Spitzbergens und der Zugang zur grönländischen Küste keine Schwierigkeiten bietet, ist in eisreichen Jahren Spitzbergen vollständig von Eismassen umgeben; das Erreichen der ostgrönländischen Küste ist für die Schiffe oft unmöglich, und mächtige Eisfelder halten den Sommer hindurch die Nord-, Ost- und zu Zeiten auch die Südküste

[1]) Annalen d. Hydrographie 32. p. 49.

Islands besetzt. Diese wechselnden Eisverhältnisse beeinflussen unzweifelhaft die Temperatur des Ostgrönländischen Meeres, da ein großer Teil des Eises hier infolge der Wärme der Luft und der von Süden kommenden Strömungen geschmolzen wird; in eisreichen Jahren wird die Temperatur des Meeres durch den Schmelzprozeß erheblich mehr erniedrigt werden wie in eisarmen Jahren. Demzufolge wird sich auch ein Einfluß auf die Witterung der diese Meere begrenzenden Festländer wahrscheinlich bemerkbar machen. Gleichzeitig ist aber anzunehmen, daß der größere oder geringere Transport von Eis nach südlichern Gegenden veranlaßt ist durch Schwankungen in der Luftdruckverteilung über dem Grönländischen Meere, da durch dieselbe die Richtung und Stärke der Winde bedingt wird, welche eine Ausdehnung des Eises entweder begünstigen oder verhindern.

Diese Beziehungen zwischen der Luftdruckverteilung und den Eisverhältnissen des Ostgrönländischen Meeres und den Zusammenhang außerordentlich eisreicher oder eisarmer Jahre mit einer negativen oder positiven Temperaturanomalie Islands und des nördlichen Europa festzustellen, war der Zweck der Untersuchung. Schon eine bloße Übersicht der Eisverhältnisse in den Jahren 1877 bis 1896 lehrt, daß die Eisgrenze sich in den einzelnen Jahren um Hunderte von Seemeilen westöstlich verschieben kann. Es handelte sich nun darum, aus der Gesamtzahl der Eisjahre diejenigen, welche sich entweder durch außerordentlichen Eisreichtum oder durch außergewöhnliche Eisarmut auszeichneten, mit Sicherheit zu sondern. Hierbei war zu unterscheiden, daß die Eisverhältnisse im Norden und Süden des Meeres zwischen Spitzbergen und Island oft verschieden sind, daß also ein Eisjahr für Island ungünstig sein kann, während die Eisgrenze nördlich von Island normal ist, und umgekehrt. Es hat sich aber ergeben, daß außergewöhnlich ungünstige Eisverhältnisse im Ostgrönländischen Meere sich auch stets bei Island bemerkbar machen.

Demgemäß hat Verf. als außergewöhnlich eisreiche Jahre einerseits diejenigen angesehen, in welchen das Eis im Frühlinge oder Sommer bis zur Südküste Islands vorgedrungen ist, wie 1881 und 1888, anderseits diejenigen, in welchen Jan Mayen noch im Juni oder Juli dicht besetzt von Eis war, d. h. die Eisgrenze östlich von Jan Mayen verlief wie 1881, 1882 und 1891. Als außergewöhnlich eisarme Jahre hat er diejenigen ausgewählt, in welchen bei Island fast gar kein Eis gesehen worden ist, und auch keine Berichte über anomale Eismassen im Ostgrönländischen Meere vorlagen; es sind dieses die Jahre 1884 und 1889.

„Der Transport des Eises ist abhängig von den Strömungen, welche ihrerseits bedingt sind durch die Tiefenverhältnisse des Meeres, die Konfiguration der Festländer, durch Kompensation, durch Dichtigkeitsunterschiede und in der Hauptsache durch die Strömungen

der Atmosphäre, die Winde. Die beiden erstern Faktoren sind wegen ihrer relativen Unveränderlichkeit auszuschließen, auch kann die Kompensation vernachlässigt werden. Es sind also nur die Schwankungen in den Dichtigkeitsverhältnissen des Meeres und in den Strömungen der Atmosphäre in Betracht zu ziehen. Die Dichtigkeitsverhältnisse sind abhängig von der Temperatur und dem Salzgehalte des Wassers, welche beide in den verschiedenen Jahren erheblich variieren können, jedoch kann die Ursache für diese großen jährlichen Änderungen nur in den Strömungen selbst gefunden werden. Es ergibt sich demnach, daß als einzig zu berücksichtigender Faktor für die Änderungen der Strömungsverhältnisse nur Änderungen in den Strömungen der Atmosphäre — den Windverhältnissen — in Betracht kommen.

Der Einfluß des Windes auf die Bewegung des Eises wird von allen Polarfahrern betont, und aus der Erfahrung, welche die Führer der von Eis besetzten Schiffe gemacht haben, geht mit Sicherheit hervor, daß die lokale Grenze des Eises einzig und allein durch den Wind bestimmt wird. So kann ein Sturm, welcher in jenen Gegenden oft mehrere Tage hindurch aus derselben Richtung weht, große Veränderungen in der Lage der einzelnen Eisfelder hervorrufen und freies Fahrwasser schaffen, wo vorher dichtes Packeis sich ausdehnte, und umgekehrt....

Den großen Einfluß der Luftdruckverteilung auf die Meeresströmungen erkennen wir sofort, wenn wir die Strömungskarte des Nordatlantischen Ozeanes mit einer Isobarenkarte vergleichen. Wir sehen den Golfstrom unter dem Einflusse südwestlicher Winde, welche bedingt werden durch die sich von Neufundland über Island bis zum Nordkap erstreckende Luftdruckfurche, in das Nördliche Eismeer eintreten, während anderseits nördliche Winde den Polarstrom an der Westseite der Depression entlang dem Süden zuführen. Wenn wir auch die sonstigen Ursachen, wie Erdrotation, Kompensation, Dichtigkeitsunterschiede und anderes nicht übersehen dürfen, so zeigt der Vergleich der Strömungs- und Luftdruckkarten doch eine solch hervorragende Übereinstimmung, daß wir den Luftströmungen den Hauptanteil an der Erzeugung dieser Meeresströmungen zuschreiben können.

Die Wirkung der Luftströmungen auf die Meeresströmung muß sich noch verstärken, wenn die Oberfläche des Meeres mit Eisschollen und -bergen bedeckt ist, da die Angriffsfläche der Kraft vergrößert wird, indem jede Unebenheit als Segel wirkt. Demgemäß werden Schwankungen in den Windverhältnissen auf einem eisbedeckten, nicht durch Küsten eingeengten Meere auch leichter Veränderungen in den Oberflächenströmungen herbeiführen wie unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Diese Tatsache, daß sich periodische Schwankungen in der Luftdruckverteilung auch in der Intensität der Meeresströmungen be-

merkbar machen, verstärkt die Aussicht, auch die größere oder geringere Ausbreitung des Polareises im Ostgrönländischen Meere auf Änderungen der Luftdruckverteilung über diesem Gebiete zurückzuführen, wenn dieselben längere Zeit hindurch in demselben Sinne andauern."

Die Untersuchung im einzelnen, bezüglich deren auf das Original verwiesen werden muß, bestätigt dies, und Verf. geht dann zur Untersuchung der Temperaturverhältnisse der Luft und des Meeres in den ungewöhnlich eisreichen und eisarmen Jahren über. Die Ergebnisse seiner Arbeit faßt er in folgende Sätze zusammen:

I. Die Lage der Eisgrenze im Sommer zwischen Spitzbergen, Grönland und Island ist abhängig von der Größe des Luftdruckgradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Monaten März bis Mai.

II. Als Ursache der anomal großen Luftdruckdifferenz Grönland-Nordskandinavien, welche eine Ausbreitung des Eises herbeiführt, kann einerseits die Vertiefung des bei Nordskandinavien befindlichen Minimums, anderseits die Verstärkung des grönländischen Hochdruckgebietes angesehen werden.

III. Von Einfluß auf die Lage der Eisgrenze im Ostgrönländischen Meere ist auch die Größe des Gradienten zwischen Grönland und Nordskandinavien in den Wintermonaten; jedoch ist sie dies erst in zweiter Linie.

IV. In den ungemein eisreichen Jahren zeigt sich eine Herabsetzung der Oberflächentemperatur des Ostgrönländischen Meeres und der Lufttemperatur auf Island und im nördlichen Europa (März bis Mai), während in den eisarmen Jahren die Temperatur stets höher ist wie in normalen Jahren.

Die Meeresströmungen im Golfe von Guinea schilderte Dr. E. Wendt[1]) auf Grund des zurzeit vorhandenen Beobachtungsmateriales. Es sind drei große Strömungen: die Guineaströmung, die Benguelaströmung und die Südatlantische Äquatorialströmung.

Die Guineaströmung entsendet zu jeder Jahreszeit einen östlichen Arm in den Golf hinein, der infolge der seitlichen Einengung durch das Festland seine Geschwindigkeit vermehrt; die südafrikanische setzt in nördlicher bis nordwestlicher Richtung in den Golf hinein. Im Innern der Bucht treffen sich beide Strömungen, und manchmal gewinnt die eine, manchmal die andere die Oberhand. Unterscheiden kann man beide außer an der Richtung auch an der Temperatur, Farbe und Durchsichtigkeit ihres Wassers. Die Guineaströmung ist eine warme, die Benguelaströmung eine von Süd kommende, mithin kalte Strömung; die erstere zeichnet sich durch dunkelblaue Farbe und Klarheit aus, die letztere hat graugrüne Färbung und geringere Durchsichtigkeit.

Auf einigen Karten findet man den Benguelastrom als längs der Küste hin bis zum Äquator setzend gezeichnet, auf andern Karten wieder, z. B. in dem von der deutschen Seewarte herausgegebenen „Atlas des Atlantischen Ozeans"

[1]) Annalen d. Hydrographie 32. p. 209.

in der ersten Auflage, setzt ein Ausläufer des Guineastromes weit die Küste entlang nach Süden. Beide Darstellungen sind falsch. Nach Pechuel-Loesche, der diese Verhältnisse auf seiner Loangoexpedition eingehend studiert hat, reicht die Landnähe des Benguelastromes im allgemeinen nur bis zum Kuilu ($4^1/_2{}^0$ südl. Br.) und zeitweise selbst nicht einmal bis hier hin, von da ab wendet er sich immer mehr vom Lande weg in nordwestlicher Richtung, seiner Aufgabe als Kompensationsstrom Folge leistend und beeinflußt durch die Erdrotation. Häufig wird er durch eine südliche Strömung von tiefblauer Farbe und höherer Temperatur von der Küste abgedrängt, offenbar eine Fortsetzung des Guineastromes, welche für gewöhnlich bis Kap Matuti ($3^1/_2{}^0$ südl. Br.), häufig bis zum Kuilu und mitunter sogar über die Mündung des Kongo hinausreicht. Wenn dieser Strom setzt, steigt die Temperatur des Wassers; die Farbe, die vorher graugrün war, wird dunkelblau; die Gegenstände, die sonst mit der Strömung nach Norden trieben, nehmen nun ihren Weg nach Süden, die mündenden Flüsse, deren Gewässer bei der sonst herrschenden Strömung sich hauptsächlich nach Norden ausbreiteten, werden nun nach Süden abgelenkt, und es erscheinen Meeresbewohner, die sonst nicht in jener Gegend vorkommen. Was diese Beobachtungen Pechuel-Loesches lehren, wird im großen und ganzen durch Schiffsversetzungen und Flaschenposten bestätigt.

Über die durchschnittliche Lage des Benguelastromes und der im Golfe herrschenden Strömungen überhaupt werden am besten die beiden Stromkarten Aufschluß geben, durch welche die Wissenschaft in neuester Zeit bereichert worden ist. Die eine derselben rührt von Prof. Dr. Schott her, der sie dem von ihm bearbeiteten ersten Bande des „Valdivia“-Werkes beigefügt hat, leider aber ohne Angabe des zu ihrem Entwurfe benutzten Materiales. Die andere verdanken wir Prof. Krümmel, sie ist in dem von der Deutschen Seewarte in zweiter Auflage herausgegebenen „Atlas des Atlantischen Ozeanes“ enthalten und hat das gesammelte Beobachtungsmaterial der Deutschen Seewarte zur Grundlage. Auf beiden Karten findet man Darstellungen der Strömungen im äquatorialen Teile des Atlantischen Ozeanes, eine für den Nordwinter und eine für den Nordsommer. Nach der Schottschen Karte sendet der Benguelastrom sogar schon bei Kap Frio entsprechend seinem frühern Verlaufe an der südwestafrikanischen Küste und durch die Rotation der Erde nach links abgelenkt, seine Hauptwassermassen in nordwestlicher Richtung in den Ozean. Im Nordsommer setzt die Benguelaströmung auch weiter nordwärts ablandig, im nördlichen Winter aber gehen einige Ausläufer in nördliche Richtung, zum Teile auf die Küste zu. Nachdem die nördlichen Teile der Benguelaströmung ihr Wasser an der Tropensonne erwärmt und den Äquator überschritten haben, biegen sie nach Ost um, während des Nordwinters in schwächerm, während des Nordsommers in stärkerm Maße, und folgen dem Guineastrom, der die Bucht von Biafra bis zur östlichen Küste hin durchsetzt. Die Krümmelsche Darstellung unterscheidet sich von der Schottschen in mehrfacher Beziehung. Der Benguelastrom setzt stets als kalter Strom bis nach Loanda hinauf von der Küste fort in nordnordwestlicher bis nordwestlicher Richtung in den Ozean hinein; der warme Guineastrom hingegen biegt in der Bucht von Biafra nach Süden und zum größten Teile weiter nach Südwesten und Westen in die Richtung der Benguelaströmung um und entsendet einen ganz schmalen, im Nordsommer etwas breitern Arm längs der afrikanischen Küste nach Süden bis nach etwa 3^0 südl. Br. hin.

Es ist schwer, aus diesen sich zum Teile widersprechenden Darstellungen das Richtige auszuwählen.

Dr. E. Wendt bemerkt, daß diese Strömungsverhältnisse im östlichen und nordöstlichen Teile des Golfes so überaus wechselreich sind, daß man vielleicht gar nicht von einem mittlern Zustande sprechen könne. Er zeigt speziell an einigen Beispielen den wechselnden Erfolg, mit welchem Guinea- und Benguelaströmung miteinander ringen. Seine Anschauungen faßt er wie folgt zusammen: „Bei Kap Palmas und weiter östlich bis zur Mitte des Golfes hin setzt der

Guineastrom zu allen Jahreszeiten mit großer Kraft und Beständigkeit. In der östlichen Hälfte des Golfes aber ist er so verschiedenartig und unregelmäßig ausgebildet, daß man kaum von einem mittlern Zustande der Strömungen wird sprechen dürfen. Mitunter ergießt er seine blauen Gewässer mit großer Geschwindigkeit längs der Küste von Oberguinea ostwärts bis zur Bucht von Biafra und entsendet bei besonders starker Ausbildung südöstliche und südliche Ausläufer die Küste von Niederguinea entlang, oder es werden die von ihm herangetragenen Wassermassen in der Bucht von Biafra durch südwestliche Winde aufgestaut. Aber weder der erstere (Krümmelsche Karte), noch der letztere Zustand (Schottsche Karte) ist als der mittlere anzusehen, vielmehr stellt jeder von ihnen nur einen (besonders im nördlichen Sommer) häufiger wiederkehrenden Typ im wechselvollen Spiele der Strömungen dar. Selbst bei kräftiger, noch mehr aber bei schwächerer Entwicklung des Guineastromes zeigen sich auf östlicher Länge, vor allem in der Nähe der Küste, westliche durch verschiedene Faktoren (Winde, Gezeiten, Dünung, Flußwasser) bedingte Gegenströmungen. Häufiger setzt der Guineastrom nördlich in die Bucht von Benin hinein. Dieselbe Mannigfaltigkeit der Strömungen zeigt sich an der Küste von Niederguinea, wo sich manchmal Ausläufer des Benguelastromes weit nach Norden (bis in die nördlichen Teile der Bucht von Biafra) manchmal Ausläufer des Guineastromes weit nach Süden (bis zum Kongo) erstrecken. Im südwestlichen Teile des Golfes setzt dagegen die Benguelaströmung, bzw. die südatlantische Äquatorialströmung mit großer Beständigkeit in west- bis nordwestlicher Richtung."

Die niederländische Tiefseeexpedition der „Siboga" in die Gewässer des hinterindischen Archipels. Dieselbe begann am 7. März 1899 und endigte am 27. Februar 1900. Über die Ergebnisse derselben sind wissenschaftliche Berichte von Prof. M. Weber und F-Kapitän G. F. Tydeman veröffentlicht worden, und Prof. Dr. G. Schott gibt davon einen kritischen Auszug,[1]) dem das Nachfolgende entnommen ist.

Ausgangs- und Endpunkt war Surabaya. Eine dem wissenschaftlichen Werke von Tydeman beigegebene Kurskarte in dem Maßstabe 1 : 3 000 000 läßt die sehr vielen Kreuz- und Querfahrten der „Siboga" deutlich erkennen. Die Fahrt ging zunächst nach der Lombok- und der Allasstraße, dann zur Savusee, von dort nordwärts zur Makassarstraße in die Celebessee, ostwärts bis nach Djilolo und der Westküste Neuguineas; hierauf wandte die „Siboga" sich wieder westwärts nach Ceram zur Manipastraße zwischen Ceram und Buru, nach Amboina und über die Sulainseln nach Buton an der Südostseite von Celebes und nach Saleyer. Von da wurde die Bandasee wiederum, aber auf Ostkurs, durchquert und bis zu den Key- und Aruinseln im Osten vorgedrungen. Der letzte Teil der Untersuchungsfahrten galt der Südostküste von Timor, von wo man, an der Südküste von Flores, an der Nordküste Sumbawas entlang gehend, Surabaya wieder erreichte. Der Reisebericht Webers enthält viele geographische, geologische und biologische Ausführungen von besonderm Interesse, ohne daß hierauf an dieser Stelle eingegangen werden kann. Wie schon

[1]) Annalen d. Hydrographie **32**. p. 97.

die nur in großen Zügen angegebene Reiseroute vermuten läßt, ist eine sehr große Zahl von Inseln und Inselchen jener Tropenwelt besucht worden, die zum Teile nur sehr selten, zum Teile noch nie eine selbst karge Beschreibung erfahren haben.

Über die allgemeinen, bei der Befahrung des östlichen Teiles des Archipels in Betracht kommenden Gesichtspunkte spricht sich Tydeman wie folgt aus. Obschon die Seekarte des ostindischen Archipels östlich von Celebes fast ganz, westlich von Celebes zu einem großen Teile noch aus einer Kompilation flüchtiger Beobachtungen und einzelner Daten besteht, so darf doch die Schiffahrt in den Hauptfahrwassern und in den gebräuchlichsten Durchfahrten nicht für so gefährlich erklärt werden (wenigstens für Dampfer), als es noch hier und da wohl geschieht. Es ist, wenn man von der unmittelbaren Nachbarschaft der vielen Inseln und dem Innern mancher Kanäle absieht, nicht wahrscheinlich, daß in diesen Gewässern, deren Tiefen beträchtliche sind, und die im Laufe der Jahrhunderte schon viel befahren worden sind, noch viele unbekannte Gefahren vorhanden sind. Anderseits ist es aber wahrscheinlich, daß die Positionen, die für einige der isolierten gefährlichen Untiefen in den Seekarten gegeben sind, noch mehr oder weniger ungenau sind.

Ein Umstand, von dem die Navigierung in diesem östlichen Teile des Archipels nahezu überall Nutzen zieht, ist die große Durchsichtigkeit des Wassers. Öfters sah man den Grund bei 18 bis 22 *m* (10 bis 12 Faden) Tiefe deutlich, manchmal sogar bei Mondschein. Dunkle Flecken des Grundes wurden nicht selten noch bei 27 *m* (15 Faden) gesehen. Eine Ausnahme in dieser Beziehung bilden die an die Westküste Neuguineas grenzenden Gewässer, wo muddiger Grund über größere Flächen sich ausbreitet.

Was die Kenntnis der Strömungen anbelangt, so bestätigen die in dieser Hinsicht erlangten Beobachtungen die Regeln, daß das Oberflächenwasser der vorwiegenden Richtung des Monsuns folgt, daß die Gezeitenströmungen im allgemeinen eine mäßige Geschwindigkeit haben, in Durchfahrten aber und Straßen sehr stark werden können. Für die Kenntnis der Bewegungen der tiefern Schichten brachten die häufigen Tiefseearbeiten, besonders die Fischereien, mancherlei Anhalt. Meist ist das Wasser der offenen See in den 100 oder 150 *m* überschreitenden Tiefen unbewegt, dagegen zeigen die Schichten von 0 bis 100, 150 *m* in den meisten Fällen deutliches Strömen. Wahrscheinlich reicht bis zu dieser Tiefe die Wirkung des Gezeitenphänomens; es würde diese Annahme gut zu den Temperaturbeobachtungen stimmen, die im Archipel in den entsprechenden Tiefen gemacht wurden. In der obern Schicht bis etwa 100 *m* nimmt die Wasserwärme nur sehr wenig und langsam ab, dann aber schnell.

Häufig genug kamen auch erhebliche Abweichungen von diesem einfachen Schema vor; so konnte man z. B. in der Manipastraße (zwischen Buru und Ceram) feststellen, daß das Wasser zwischen

0 und 100 *m* in der Hauptsache bewegungslos war (Wirkung der Gezeiten zur Zeit der Beobachtung), von 100 bis 800 *m* Tiefe aber entschieden nach Norden strömte (Trift des Südostmonsuns) und in den 800 *m* überschreitenden Tiefen wieder nahezu still stand.

Tydemans schöne Tiefenkarte beruht auf sorgsamster Verwertung des gesamten verfügbaren Materiales und ist weitaus die beste, jetzt vorliegende Darstellung der Bodenformen der hinterindischen Gewässer. Sehen wir ab von der großen Zahl kleinerer Gebiete, in denen neue, sekundäre Becken entdeckt worden sind oder schon bekannte eine genauere morphologische Erforschung erfahren haben, so sind zwei Fälle, welche beide die Bandasee betreffen, von allgemeinerm Interesse, zumal größere Terrainformen in Frage stehen. Unter der Bandasee wird das Meeresgebiet verstanden, welches begrenzt wird im Osten durch die Keiinsel und Timor Laut, im Süden durch Sermata und Wetter, im Westen durch eine Linie etwa von der Floresstraße nach Buton (Südostcelebes), im Norden durch die Sulainseln, Buru und Ceram.

Im nordwestlichen Teile dieses vielgestaltigen Beckens, und zwar zwischen Buton und Sula Besi, hatte das deutsche Segelschiff „Karl“ im Dezember 1882 auf einer Reise von Antwerpen nach Tientsin, aus der Butonpassage kommend und nach der Pittspassage steuernd, elf Lotungen, die nur Tiefen von 99 bis 216 *m* ergaben, ausgeführt; auch die Bodenbeschaffenheit, fast durchweg Steine und Sand, war festgestellt worden. In dem Reiseberichte hatte der Kapitän noch die ausdrückliche Bemerkung angefügt: „Die vorstehenden Lotungen sind zuverlässig, weil das Schiff bei der Anstellung derselben seinen Ort wenig veränderte. Spätere Versuche in der Pittspassage waren ohne Resultate, weil mit 360 *m* (200 Faden) Leine der Meeresgrund nicht erreicht wurde. Da dieser unterseeische Verbindungsrücken von weittragender Bedeutung z. B. für den Wasseraustausch mit dem Stillen Ozeane sein würde, so gedachte die „Siboga“, auf ihm zu arbeiten, fand aber nirgends mit 500 *m*, an einer Stelle auch nicht mit 4892 *m* Grund! Auch die am Nordostausgange der Butonpassage in der Nähe der „Karl“-Lotungen angestellten Tiefseemessungen der „Bali“ ergaben nur ganz große Tiefen. Weber erklärt die Lotungen des „Karl“ auf Grund seiner Messungen für phantastisch, sie sind deshalb neuerdings von den holländischen Seekarten getilgt worden. Anderseits sind aber unsere deutschen Seeleute viel zu ernst, um phantastische Dinge zu berichten, und der Umstand, daß Bodenproben gewonnen sind, läßt an der Tatsächlichkeit und Zuverlässigkeit der Messungen in der Tat keinen Zweifel; es kommt hinzu, daß auch kein Irrtum hinsichtlich der geographischen Positionen vorliegen kann, weil der „Karl“ an den erwähnten Tagen wirklich jene Meeresgegend passiert hat. Die Deutsche Seewarte hat nachträgliche Aufklärung zu erlangen versucht, aber Kapt. Kraeft ist leider bereits verstorben. Daß eine einzelne, lokale Untiefe bei spätern Nach-

forschungen nicht gefunden wird, ist ja ein ganz gewöhnliches Vorkommnis; hier handelt es sich aber um einen über mehrere hundert Seemeilen sich erstreckenden flachen Rücken. Man wird fast zu der Annahme gedrängt, daß in diesem Teile der Bandasee seit 1882 mächtige, gewaltsame (vulkanische?) Änderungen im submarinen Reliefe eingetreten sein müssen, obgleich auch dies ein ganz ungewöhnliches, in solchem Umfange wohl noch nirgends festgestelltes Ereignis bedeuten würde. Bei der Wichtigkeit der Angelegenheit in ozeanographischer Hinsicht ist es schade, daß die „Siboga“ mit ihren fünf Lotungen niemals den Boden erreicht hat; es fehlt somit die Angabe der heutigen Bodenbeschaffenheit in jener kritischen Meeresgegend, ein ganz unerläßlicher Faktor für eine Beurteilung der Sachlage.

Während damit im Nordwestteile der Bandasee ein bisher bemerkenswerter Charakterzug der Tiefenformen vorläufig getilgt erscheint, sind im entgegengesetzten Teile, dem Südostteile, der Bandasee durch die „Siboga“-Arbeiten zwei neue charakteristische Bodenformationen klargestellt, bzw. entdeckt worden. Die Luciparainseln liegen nicht auf einer lokal begrenzten Untiefe, sondern gehören einem 150 Seemeilen langen, aber nur etwa 30 Seemeilen breiten, von SW nach NO ziehenden Rücken an, welcher, „Sibogarücken“ getauft, nicht ganz bis zur Südküste Cerams reicht, vielmehr von letzterer durch eine 4000 *m* tiefe Rinne noch getrennt bleibt; auf diesem Rücken sind keine größern Tiefen als rund 2500 *m* ermittelt, während ringsherum der Boden steil bis auf 4000 *m* und 5000 *m* Tiefe abstürzt. Ein zweiter, zum ersten paralleler Rücken ist durch die Inseln Dammer, Serua und Manuk gekennzeichnet. Zwischen diesem zweiten Rücken nun einerseits und Timor Laut—Keiinseln anderseits liegt eine außerordentlich tiefe, genau sichelförmige Mulde oder Rinne, in der 6505 *m* die bisher bekannte Maximaltiefe darstellt. Durch diese Verhältnisse erhalten unsere Kenntnisse von der vertikalen Gliederung jener östlichsten Meeresteile des Archipels eine vollkommen neue Gestaltung. Nebenbei sei noch hinzugefügt, daß die auf vielen Tiefenkarten eben im Westen von den Bandainseln für 4° 19′ südl. Br. und 129° 20′ östl. Länge angegebene Tiefe von 7315 *m* (4000 Faden) ziemlich sicher nicht existiert, da die „Siboga“ in unmittelbarer Nähe der Stelle und auf ihr selbst nur Lotungen von etwas über 4000 *m* erhielt.

In betreff der Böschungswinkel, die in der Nähe der Küsten und Korallenriffe auftreten, gibt Tydeman zwei charakteristische Beispiele, eins von Kabia, Baarsinsel, das andere von den Luciparainseln, beide in der Bandasee gelegen....

Sieht man von den obersten Tiefen bis 100 und 200 *m* zunächst ab, und zeichnet man sich die Böschungen im gleichen Maßstabe von Tiefen und Entfernungen auf, so erhält man ein naturgetreues, nicht übertieftes Bild von der Gestalt des submarinen Sockels solcher Koralleninseln. Bild und Zahlen stimmen geradezu überraschend gut mit dem überein, was seinerzeit im „Valdivia“-Werke für die Seine-

bank im östlichen Teile des Nordatlantischen Ozeanes abgeleitet worden ist: hier wie dort bewegen sich die Böschungswinkel bis rund 1000 *m* um etwa 25° (im Maximalbetrage), von da bis 2000 und 3000 *m* um etwa 15°. Es liegen offenbar die gleichen Verhältnisse vor; es handelt sich bei dem Gesamtaufbaue des Sockels wesentlich um vulkanische Kegel, welche das ganze Grundgerüst hergeben, während die Korallen nur für die Ausgestaltung der allerobersten Teile des Reliefes in Betracht kommen, und Tydeman wird Recht haben, wenn er in den aus der Reihe noch herausfallenden Böschungswinkeln von 50 und 48° bei Lucipara die Neigung erblickt, unter welcher der abgestorbene Korallendetritus sich abzulagern pflegt, d. h. also den natürlichen losen Schuttkegel des festen, lebenden, nahezu senkrecht aufragenden Korallenriffes selbst.

„Die neuen Lotungen zwischen Sumba über Savu nach Timor zeigen, daß größere Tiefen als 1480 *m*, d. h. rund 1500 *m*, nicht existieren; im offenen Indischen Ozeane begegnet man in dieser Tiefe einer Wasserwärme von 4.4°. Da aber die Bodentemperaturen der Savusee nicht 4.4°, sondern nur 3.3° betragen, so muß die Savusee durch mindestens 1700 *m* große Tiefen, in welchen 3.3° zuerst auftritt, mit der Bandasee verbunden sein; diese Verbindung öffnet sich in der Tat in der Ombai- und Wetterpassage, welche überall Rinnen von über 2000 *m* aufweisen. Die Bandasee ihrerseits steht durch die Pittspassage und die Straße zwischen Sulainseln und Obi Major mit der Molukkensee in Verbindung, wobei ebenfalls rund 1600 bis 1700 *m* Wassertiefe überall verfügbar ist; der Wasseraustausch dürfte sich den Weg westlich um Baru wählen, da die Manipastraße zwischen Buru und Ceram, im südlichen Teile zwar sehr tief, im nördlichen Teile durch eine Bank von 1100 bis 1200 *m* gesperrt ist. Von der Bandasee abhängig hinsichtlich ihrer Wärmeverhältnisse in der Tiefe sind auch Flores- und Balisee. Für das letztere Becken, das es nur bis etwa 1500 *m* Tiefe im Höchstbetrage bringt, ist die Notiz wichtig, daß die zwischen Lombok und Bali liegende Lombokstraße in keiner Weise eine tiefe, etwa gar zwei Kontinente (Asien und Australien) trennende Linie darstellt; es besteht vielmehr durch eine Schwelle mit der Maximaltiefe von nur 312 *m* eine Verbindung der zwei kleinen Sundainseln ebensogut, wie dies bei den übrigen kleinen Sundainseln der Fall ist. Die Balisee ist also in der Hauptsache gegen den Indischen Ozean abgeschlossen, und, wie eben gesagt, ein abhängiges Glied der Flores- und Bandasee.

Verfolgen wir von der Bandasee aus den vermutlichen Gang der Grundwasserschichten weiter rückwärts, so gelangen wir endlich durch die Molukkensee in den Stillen Ozean hinaus; eine Verbindung durch die Djilolopassage und Halmaherasee würde nicht durchweg die nötigen Tiefen zur Erklärung der Bodentemperatur von 3.3° liefern. — Die Celebessee muß durch eine Schwelle von rund 1300 *m* Maximaltiefe abgeschlossen sein, da die homotherme Schicht 3.7°

zeigt; in der breiten Öffnung zwischen Mindanao und Gr. Sangir hat aber die „Siboga“ bisher über 1638 *m* gefunden. Die Schwelle muß also noch genauer gesucht werden.

Nahezu alle Tiefseebecken der malaiischen Gewässer, welche der Schauplatz der Tätigkeit der „Siboga“-Expedition gewesen sind, stehen also, ozeanographisch gesprochen, in mehr oder weniger direktem Zusammenhange mit dem Stillen Ozeane, nicht mit dem Indischen Ozeane; ausgenommen bleibt nur die Timorsee. Sieht man von den mannigfachen Beziehungen ab, welche diese hinterindischen Becken durch die Oberflächenerscheinungen, wie z. B. Monsuntriften, Gezeitenströmungen u. a. m. zweifellos auch mit dem Indischen Ozeane verbinden, so kann man vom Standpunkte der Tiefseeforschung aus eine vorläufige, in Einzelheiten sicher noch zu verbessernde Grenzlinie zwischen Indischem und Stillem Ozeane vielleicht derart ziehen, daß sie von Bali bis Flores, von da über Sumba, Savu nach Timor und von da nach Timor Laut und den Keiinseln verläuft.“

Über Alter und Entstehung der Tiefseebecken macht Prof. J. Walther einige Bemerkungen.[1]) Er fand weder aus paläozoischen noch mesozoischen Ablagerungen ein Gestein, das nach seiner Struktur und Lagerungsform mit den heutigen Sedimenten der Tiefsee übereinstimmte. John Murray war zu denselben Resultaten gekommen. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß nur auf einigen kleinen Inseln wie Malta, Barbados und Christmas-Island echter tertiärer Tiefseeschlick vorkommt, und die lokale Verbreitung desselben spricht mit Sicherheit dafür, daß lokale Hebungen ehemaligen Tiefseebodens den Kern dieser Inseln bildeten. Trotzdem also fast die gesamte Fläche der heutigen Kontinente seit dem Cambrium zu wiederholten Malen ganz oder teilweise vom Ozeane überflutet war, so finden wir auf denselben nur solche Ablagerungen, welche in der Flachsee oder in mittlern Tiefen von 1000 bis 2000 *m* gebildet worden sind.

Das bestätigt durch geologische Beweisführung eine auf Grund theoretischer Erwägungen schon lange aufgestellte Ansicht: „daß die heutige Tiefsee schon seit langen Perioden Tiefsee war, und daß sie ihren Platz auf der Erdkugel seit ihrer Entstehung nicht wesentlich verschoben habe. Die Tiefseebecken erscheinen uns als die großen Quellgebiete des Ozeanes, aus denen das Meer bisweilen weit transgredierende Vorstöße gegen die Kontinente unternimmt, um sich dann wieder in dem riesigen Sammelbecken zu vereinigen. Es läßt sich nun geologisch mit aller Sicherheit zeigen, daß ehemalige Festländer Tiefseeboden geworden sind. So finden wir aus der Devonzeit auf beiden Seiten des Atlantischen Ozeanes, in Nordamerika und

[1]) Naturwiss. Wochenschrift 1904. Nr. 46.

Spitzbergen wie in Schottland und Rußland Ablagerungen großer Süßwasserbecken mit einer ganz charakteristischen Fischfauna. In der Steinkohlenzeit wie der Jura- und Kreideperiode leben dieselben Pflanzen- und Landtiere in Nordamerika wie in Nordeuropa. Alles drängt zu dem Schlusse, daß während dieser langen Perioden eine atlantische Landverbindung zwischen beiden Kontinenten bestand, die heute Tiefseeboden ist. Ähnliche Tatsachen zwingen zu der Annahme, daß der heutige Indische Ozean lange Perioden hindurch von Afrika bis Indien und Australien festländische Brücken besaß.

Neben einigen lokalen Ausnahmen, wo Tiefseeboden wieder landfest geworden ist, gibt es zahlreiche Fälle aus allen Teilen der Erde, wo wir nachweisen können, daß durch Senkung große Stücke der festen Erdrinde in Tiefseeboden verwandelt worden sind. Mit andern Worten: Die Tiefsee hat sich auf Kosten der Flachsee und des Festlandes beständig vergrößert."

Quellen und Höhlen.

Argon und freier Schwefel in Mineralquellen. H. Moissan fand in den der 44° heißen Bordeuquelle zu Luchon entströmenden Gasen 92.22% Stickstoff, 1.22% Methan und 2.56% Argon. Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Sauerstoff und Helium waren in den Gasen nicht vorhanden. Der Schwefelwasserstoffgehalt dieses Quellwassers muß daher auf sekundärer Einwirkung der Luftkohlensäure auf das im Quellwasser gelöste Natriumsulfid zurückzuführen sein. Ferner konnte Moissan in dem 59° heißen Wasser der Grotte zu Luchon freien Schwefel sowohl in Lösung, als auch in den Dämpfen des Wassers nachweisen.

Eine Untersuchung des Gasteiner Thermalwassers auf Emanationsgehalt hat Dr. G. Mache ausgeführt.[1] Durch die Untersuchungen von J. J. Thomson und F. Himstedt ist der Nachweis erbracht worden, daß die Quellwässer eine radioaktive Emanation enthalten, über deren Provenienz die Versuche von J. Elster und H. Geitel dann einigen Aufschluß gaben. Die nächste Frage ist die nach den Eigenschaften dieser Emanation, da deren Kenntnis die Entscheidung ermöglicht, ob man es hier mit der Äußerung eines neuen radioaktiven Körpers zu tun hat oder mit der eines der bereits bekannten. Die Gleichheit des Kondensationspunktes und des Abklingungsgesetzes der Emanation mit der von Radium entwickelten läßt vermuten, daß der in Frage kommende aktive Körper mit Radium identisch ist, und die in Rede stehenden Versuche bilden einen weitern Beleg für die Richtigkeit dieser Anschauung. Sie wurden an

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. p. 226.

dem an Emanation ungemein reichen Wasser der Gasteiner Therme vorgenommen, und zwar mit dem zuerst durch Elster und Geitel verwendeten Glockenapparat. In diesen wurde Luft eingeführt, die das Wasser einige Male in heftigem Blasenstrome passiert und sich so mit Emanation bereichert hatte.

Es gelang zunächst der Nachweis, daß die Emanation im Wasser, das in verschlossener Flasche aufbewahrt wird, nach dem gleichen Gesetze abklingt wie Radiumemanation. Man wird auf Grund dieser Übereinstimmung auch schließen können, daß im Gasteiner Wasser — wenn überhaupt — nur sehr geringe Mengen der radiumhaltigen Substanz selbst vorhanden sind, da sonst das Abklingungsgesetz ein anderes sein müßte.

Ausführlich wurde ferner das für jede Emanation so charakteristische Abklingungsgesetz der induzierten Aktivität untersucht. Es zeigte sich, daß das Gesetz, nach welchem die durch Wasseremanation induzierte Aktivität abklingt, in ganz ausgezeichneter Weise durch die Formel von Curie und Danne ohne irgend welche Änderung der Konstanten dargestellt werden kann. Schließlich wurde auch das Wasser der Wiener Hochquellenleitung in analoger Weise untersucht. Die aus demselben gewonnene Emanation zeigt in allen Stücken qualitativ das gleiche Verhalten wie die der Gasteiner Therme. Im besondern ist auch das Abklingen der induzierten Aktivität durch die Formel von Curie und Danne darstellbar. Doch verhalten sich die in gleichen Quantitäten der beiden Wässer enthaltenen Emanationsmengen ungefähr wie 1 : 1000.

Radioaktivität der Königsquelle in Bath. Dieselbe ist von R. J. Strutt nachgewiesen worden,[1] und zwar zunächst in den rotgefärbten Ablagerungen an der Innenseite des Brunnens, aus dem das heiße Wasser kommt. In den Röhren und Becken waren die Ablagerungen gleichfalls aktiv, aber schwächer als in der Nähe der Quelle. Auch die Ablagerungen aus den andern heißen Quellen von Bath waren aktiv. Zur Beantwortung der Frage, ob auch das Wasser selbst Radium in Lösung enthalte, wurden 10 *l* Wasser verdampft, der Salzrückstand 14 Tage im verschlossenen Rohre aufbewahrt und erwärmt. Es ergab sich eine Emanation, deren Elektrizitätszerstreuung mehrere Male so groß war wie die der Luft. Die reichste Ablagerung war über 36 mal aktiver als das durch Verdampfen des Wassers erhaltene Salz. Aus der Geschwindigkeit des Verschwindens fand sich, daß die Aktivität vom Radium herrühre. Dies ist auch durch die chemischen Eigenschaften des Wassers bestätigt worden und hat ein besonderes Interesse wegen des Vorkommens von Helium in den Gasen der heißen Quellen von Bath. Strutt berechnet die Menge Radium, welche jährlich von der Quelle,

[1]) Proc. Roy. Soc. 73. p. 191.

dem Wasser und den Ablagerungen herausbefördert wird, zu $^1/_2$ g. Dem steht gegenüber eine Menge von 1000 *l* Helium, die jährlich in den Gasen der Quelle entwickelt werden. Dies Verhältnis zwischen Helium und Radium ist also von derselben Größenordnung wie bei den radioaktiven Mineralien.

Das Versickern des meteorischen Wassers im Boden ist bei Sand, Lehm und Ton von W. Spring durch systematische Versuche studiert worden.[1]) Er kommt zu dem Ergebnisse, daß dasselbe im Boden nicht regelmäßig und entsprechend dem Aufbaue auseinander im allgemeinen parallelen Schichten erfolgen kann. Die im Boden eingeschlossene Luft welche dem Wasser zunächst Platz machen muß, bedingt, daß das Versickern nur an beschränkten Stellen stattfindet, während die übrigen als Kanäle für die entweichende Luft dienen. Im übrigen wird ein erhebliches Versickern nur in denjenigen Landstrichen vor sich gehen, wo die Oberfläche in genügender Mächtigkeit von fließendem oder rieselndem Wasser, von einer ruhenden Wasserschicht oder schmelzendem Schnee bedeckt ist. Gelingt es dann aber dem Wasser, sich einen Weg zur Tiefe zu bahnen, so wird sein Versinken um so rascher erfolgen, je größere Höhen seine in gewissem Maße von der Mächtigkeit der Schichten bestimmte Säule erreicht. Das Wasser wirkt dabei vorzugsweise durch sein Gewicht; hiermit führt es eine wirkliche Austrocknung der obern Schichten herbei, infolge deren letztere von Wasser bis auf die durch Kapillarkräfte gefesselte Feuchtigkeit entleert werden.

Die Karsthydrographie, begründet auf Studien aus Westbosnien, behandelt Dr. A. Grund.[2]) Er weist darauf hin, daß man bisher gewöhnlich den F l u ß als die Ursache der eigentümlichen hydrographischen Erscheinungen der Karstländer auffaßte, während nach den Erfahrungen des Verfassers die eigentliche Ursache derselben in der Q u e l l e zu suchen sei. Das fließende Grundwasser des Karstes bezeichnet Verfasser als K a r s t w a s s e r. Der Dolomit gehört nicht zu den karstbildenden Gesteinen; im Gebiete desselben fehlen die Dolinen fast ganz, während Ablagerungen von Gehängeschutt und Erosionstäler mit gleichsinniger Entwässerungsrichtung auftreten. In Westbosnien zeigt das Karstwasser zwei Hochstände (im Frühjahre und Herbste) und zwei Tiefstände (im Winter und Sommer). Die Wasserstandskurven zeigen gegenüber den Niederschlagskurven zunächst eine Verspätung von einem Monate, so daß z. B. das Maximum der Überschwemmung im Polje von Livno erst

[1]) Ann. d. géolog. Belg. **28** u, **29**. — Naturwiss, Wochenschr. 1904. p. 557.

[2]) Pencks geogr. Abhandl. 7. Heft 3. — Ein kurzer Auszug im Globus **85**. p. 129, woraus oben der Text.

einen Monat nach dem Niederschlagsmaximum eintritt. Es ist dies ein Beweis dafür, daß diese Überschwemmungen nicht einfach Flußüberschwemmungen mit unzureichendem Abflusse, sondern Grundwasserschwankungen sind. Aus den Schwankungen des Niederschlages und der Karstwasserstände leitet der Verfasser Zahlenwerte für die Klüftung des Gesteines ab; die beträchtlichen Karstwasserschwankungen sind aber auch nach seiner Ansicht völlig genügend, um die meisten Erscheinungen der Karsthydrographie zu erklären. Stauende Hindernisse spielen hierbei eine große Rolle. Die periodisch auftretenden Quellen nennt Verfasser Karstquellen, die perennierenden Vauclusequellen; beide Typen sind zumeist scharf getrennt, es finden jedoch auch Übergänge statt. Solange die Inundation zunimmt, sind auch die Ponore als Karstquellen zu betrachten. Die Karstwasserschwankungen erklären auch den Unterschied zwischen trocknen, periodisch und dauernd überschwemmten Karstmulden. Die Dauer der Inundation einer Karstwanne hängt davon ab, ob ihr Boden näher dem obern oder untern Karstwasserniveau liegt; das Abfließen verspätet sich ähnlich wie die Füllung des Beckens. Die künstliche Melioration der Karstbecken hat wenig Aussicht auf Erfolg. Die Flüsse der undurchlässigen Schichten sind ganz unabhängig vom Karstwasser; sie haben den Charakter von Torrenten, die hoch über dem Karstwasser fließen und die alleinigen Träger der mechanischen Erosion und Akkumulation sind. Zertalung durch Seitentäler findet man nur auf undurchlässigem Boden; speziell im westbosnischen Karst gibt es nur drei größere Erosionstäler (Unac-Una, Suica, Ricina-Suaja), und ist eine weitere Zertalung überhaupt nicht möglich. Wo die Erosion die undurchlässige Unterlage angeschnitten hat (Narenta, ostbosnisches Hochgebirge), nimmt die Landschaft ganz alpinen Charakter an. Was die Entstehung der Poljen anbelangt, so wird der bekannten Erklärung derselben durch Cvijic aus mehrfachen Gründen widersprochen und für die westbosnischen Poljen der Charakter von tektonischen Senkungsfeldern angenommen; daneben wird aber auch die Existenz solcher Poljen zugegeben, die durch Ausräumung, bzw. Akkumulation entstanden sind. Für die eigentlichen, unterirdisch entwässerten tektonischen Poljen schlägt Verfasser die Bezeichnung Karstpoljen vor; er weist nach, daß dieselben ursprünglich eine ähnliche Entwicklung durchmachten wie die Senkungsfelder in undurchlässigem Gesteine, und glaubt, daß ihre Entstehung mit dem Einbruche der Adria zeitlich zusammenfallen dürfte.

Der gegenwärtige Zustand der isländischen Geysire. E. Zugmayer gibt eine Schilderung[1]) des isländischen Geysirgebietes und des

[1]) Eine Reise durch Island im Jahre 1902 von E. Zugmayer.

gegenwärtigen Zustandes dieser heißen Springquellen, die von besonderm Interesse ist, da diese Geysire in jüngerer Zeit mehrfache Veränderungen erlitten haben. Als der Reisende mit seiner Begleitung die Gegend, in der sich die berühmten Springquellen befinden, erreichte, sah er vor sich eine weite, sumpfige Ebene, die von einem vielgewundenen Flusse durchzogen war. Nach Nordosten war sie im Halbkreise von hohen Bergen eingeschlossen; in ihrer Mitte erhob sich ein isolierter Hügel aus dunklem Gesteine; sein flacher, südlicher Abhang sah aus, wie von der Sonne beschienen, mit gelber bis orangeroter Farbe; und auf dem ganzen großen lichten Flecke waren dicht aneinander eine Menge von weißen Dampfwolken, unter ihnen eine besonders hohe, die jedenfalls dem großen Geysir zugehörte. Der Hügel, an dessen südöstlichem Abhange das Geysirterrain sich befindet, heißt Laugafjall (das ist Heißerquellenberg). Der überall von Kieselsinter und Schwefel inkrustierte Streifen, auf dem die verschiedenen Quellen entspringen, erschien 200 bis 300 *m* lang und vielleicht halb so breit. Fast überall war der Boden so heiß, daß die Hand nicht lange darauf ruhen konnte, und in zahlreichen dampfenden Bächlein rieselte das heiße Wasser der verschiedenen Sprudel zu Tal, um sich, zu einer stärkern Wasserader vereint, in den Tungnafljot zu ergießen. Der von der Hitze geborstene und von den Wasserdämpfen zermürbte Boden erschien dicht besät mit Löchern, denen teils unter Dröhnen und Brodeln kochendes Wasser entströmte oder die unter bösartigem Zischen und Pfauchen größere und kleinere Dampfstrahlen entsandte; einige unter ihnen, flache Becken, lagen still, nur aus dem tiefen Schlunde in ihrer Mitte wallten ab und zu Dampfblasen auf. „Unter diesen Quellen," sagt Verfasser, „herrscht die größte Mannigfaltigkeit bezüglich der Farbe des Wassers; die einen, deren ganzes Inneres mit Sinter ausgekleidet ist, sind klar, und das sich nach der Mitte zu vertiefende Wasser zeigt alle Abstufungen von der durchsichtigsten Klarheit zu zartem Himmelblau, tiefem Stahlblau und dunkelm Schwarzviolett. Andere sind eben so klar, zeigen aber eine prachtvolle Abtönung aller Arten von Grün, bis auch sie nach der Tiefe zu schwarz wie Tinte werden. Der absteigende Schlund dieser Quellen geht nicht immer senkrecht hinab, sondern führt oft schräg und gar nicht steil nach der Seite hinunter, so daß man, über ihm stehend, nur durch ein dünnes Gewölbe von dem kochenden Wasser getrennt ist. Andere Quellen sind wieder ungestüme Gesellen, die in ihren Sintertöpfen wallen und sieden, kleine Wassergarben über die Oberfläche schleudern und mächtige Dampfwolken entwickeln, ohne sich aber zu wirklichen Ausbrüchen aufraffen zu können. Noch andere, die aus lehmigem Boden zutage treten, haben eine Menge Erdreich aufgelöst und sich so zu einem zähen, kochenden Breie verdickt, dessen Oberfläche in beständigem Aufwallen begriffen ist, und aus dem sich große Dampfblasen hervorringen, um mit lautem Geräusche zu zerplatzen. Diese Quellen haben,

je nach dem Erdreiche, das sie enthalten, eine dunkelbraune, tomatenrote, schwefelgelbe, auch hellblaue Farbe, und das von ihnen austretende Wasser läßt auf seinem Wege bergab einen bunten Streifen zurück, der sich mitunter sehr effektvoll von der gelblichen Sinterdecke abhebt. An einigen Stellen ist auch der Boden auf mehrere Quadratmeter wie von Mauslöchern durchwühlt, und aus jeder der kleinen Öffnungen fährt ein schweflig riechender Dampfstrahl heraus, bald senkrecht in die Luft, bald flach über den Boden hin; tritt man mit dem Fuße ein Loch in die Decke vom Sinter, oder durchstößt man sie mit dem Stocke, — gleich fährt einem ein neuer Strahl entgegen, ganz als ob pfauchende kleine Geisterchen ihr unterirdisches Reich verteidigen wollten. Wir wagten anfangs kaum, auf diesem verdächtigen Boden einen Schritt nach vorwärts zu tun, denn rechts und links, vorn und hinten brummt, zischt und spritzt es in allen Tonarten, und mit jedem festen Schritte erwartet man durchzubrechen oder auf den von Wasser überrieselten Stellen auszugleiten. Nach einiger Zeit aber lernten wir uns die gangbaren Stellen zwischen den einzelnen Becken und Kesseln merken und fühlten uns dann bald unter ihnen heimisch, gaben ihnen Namen und fanden die interessantern heraus."

Außer diesen Quellen, die beständig in gleicher Weise Wasser von sich geben, finden sich noch vier andere, die periodische Ausbrüche haben oder hatten, und diese sind die eigentlichen Geysire. „Bei einem von ihnen, dem Litli Strokkur, ist es jedoch zweifelhaft, ob man die Zwischenpausen zwischen den wenigen Ausbrüchen, die er hatte, als Perioden ansehen darf; gegenwärtig springt er ebensowenig wie sein größerer Namensbruder, der Strokkur. Das Jahr 1896, welches ein heftiges Erdbeben für Südisland brachte, hat in die Tätigkeit der Geysire ziemliche Änderungen gebracht. Vorher sprang der große Geysir schon seit Jahrzehnten nur in immer größer werdenden Zwischenräumen; es kam vor, daß Reisende zwei, drei Wochen lang vergeblich auf einen Ausbruch warteten, dafür sprang der Strokkur alle Tage ein- bis zweimal und erreichte mitunter eine Höhe von 30 *m* und mehr. Seit dem Jahre 1896 jedoch hat er seine Tätigkeit vollständig eingestellt; der große Geysir dagegen springt seither durchschnittlich jeden Tag, und zwar höher als zuvor; einer seiner Ausbrüche wurde von Bunsen und Descloiseaux, die im Jahre 1846 längere Zeit dort zubrachten, mit 150 Fuß gemessen, das war noch vor der Periode relativer Ruhe, die der Geysir in den letzten Jahrzehnten hatte; jetzt ist er zu seinem frühern Temperament zurückgekehrt, ob zwar natürlich lange nicht alle Ausbrüche so hoch sind, wie die wenigen seltenen, die als Höchstmaße bekannt sind. Der dritte Geysir, der durch das Jahr 1896 keine Abänderungen erfahren hatte, ist ziemlich am südöstlichen Ende des Quellenterrains, während der große Geysir im äußersten Nordosten und der Strokkur in der Mitte liegt. Er ist sowohl unter dem Namen Litli Geysir als

auch unter der Bezeichnung Operris-Hola bekannt. Da der erstere Name leicht zu Verwechslungen mit einem andern Geysir führt, der in der Landschaft Ölfus im Südwesten von Island liegt und gleichfalls Litli Geysir genannt wird, so ist es angezeigt, sich an den Namen Operris-Hola zu halten. „Operris" ist „Un-dürre", also Nässe, „Hola" bedeutet Loch. Man erklärte uns den Ursprung des Namens daraus, daß das Springen dieses Geysirs nasses Wasser ankündigte. Da der Operris-Hola aber täglich zweimal Ausbrüche hat, und das schon seit Jahrhunderten, käme man zu dem Schlusse, daß es in der Gegend beständig regnen müsse. Richtiger scheint es mir, den Namen daher abzuleiten, daß der Operris-Hola „nie trocken" ist, sondern immer voll Wasser und in eifriger nasser Tätigkeit. Endlich ist im Jahre 1896 ziemlich hoch am Abhange das Laugafjall, außerhalb des zusammenhängenden Quellenterrains, eine neue Austrittsstelle entstanden, die man nach König Christian IX. benannt hat. Neben ihr findet sich auch ein Denkstein, der an den Besuch des Königs im Jahre 1874 erinnert; besser gesagt, die neue Quelle ist neben diesem Denksteine zutage getreten; daher ihr Name."

Da es den Reisenden darauf ankam, einen schönen Ausbruch des großen Geysir bald zu sehen, so wandten sie das von Amerika her bekannte Mittel an, einen solchen zu provozieren, nämlich das Einwerfen von Seife in den Schlund. Durch Opfern von 8 *kg* Seife, die in der benachbarten Schutzhütte käuflich ist, erfolgte 2 Stunden später eine Eruption, die das heiße Wasser 15 *m*, den Dampf also wohl doppelt so hoch trieb. Der große Geysir hat außen die Gestalt eines sehr stumpfen Kegels von 6 bis 7 *m* Höhe und 50 *m* Durchmesser an der Basis, das obere nahezu kreisrunde, flach tellerförmige Becken hat 15 bis 17 *cm* Durchmesser, und in seiner Mitte öffnet sich ein Schlundrohr von 2 *m* Durchmesser, dessen Tiefe nach Bunsen 23 *m* beträgt.

Die neue Tropfsteinhöhle bei Kiritein in Mähren schildert R. Trampler.[1]) Sie ist seit Herbst 1901 bekannt und liegt etwa 20 *km* nordnordöstlich von Brünn. Sie ist reich an Tropfsteingebilden.

Zwischen Felswänden, welche 1 *m* voneinander abstehen, gelangt man in das Innere. Vom Eingange aus erstreckt sich der Gang 6.5 *m* lang in südsüdöstlicher Richtung, erweitert sich aber schon in der Hälfte dieser Entfernung auf 4 *m*; auch die Decke hebt sich auf 3 *m* und ist mit zahlreichen, gegenwärtig noch schneeweißen Tropfsteingebilden bedeckt, welche entweder die Form gewöhnlicher Stalaktiten oder die von Quasten und Zapfen besitzen. Dieser Teil der Höhle erinnert, was die Tropfsteinbildung betrifft, lebhaft an die 1890 entdeckte Tropfsteinhöhle von Schlosuwka, unweit Sloup.

Rechts erweitert sich die Höhle zu einer Halle, die aber zum großen Teile so niedrig ist, daß man sie nur mit tiefgebeugtem Haupte betreten kann. Der Boden ist mit Sintermasse bedeckt und die Decke mit unzähligen, meist kleinen,

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie **22**. p. 346.

federkielartigen Stalaktiten förmlich übersät. Weiterhin teilt sich die 9 *m* lange Höhle in zwei Teile: die südliche (rechts) erreicht eine Höhe von nahezu $2^1/_2$ *m* und ist ganz mit Tropfsteinen bedeckt, während in der nördlichen (links), welche sich allmählich bis zur Höhe von 3 *m* erhebt, ein „Wasserfall" die Aufmerksamkeit des Besuchers auf sich zieht. Wir sehen ein Tropfsteingebilde vor uns, welches an den einzig schönen Wasserfall in der Slouper Tropfsteinhöhle erinnert; nur erscheint er hier im verjüngten Maßstabe. Nicht minder erregt das Staunen der Besucher eine zweite Kaskade, die man aber bei längerm Betrachten eher mit einer von Künstlerhand zierlich gefalteten Guirlande vergleichen möchte. Die niedere Halle setzt sich hinter dem Wasserfalle in süd-nördlicher Richtung in einem kleinen 5 *m* langen Gange fort, welcher, anfangs nahezu 2.5 *m* lang und ebenso hoch, sich allmählich verengt und in einen Schlot übergeht. Der nördliche Teil der Halle ist kaum 4 *m* lang und zu Beginn nahezu 2 *m* breit.

Der Hauptgang ist dort, wo er mit der Höhle in Verbindung steht, mit vielen Felsblöcken bedeckt und erstreckt sich 29 *m* weit. Er ist 8 *m* breit und etwas über 2 *m* hoch. Während der etwas geneigte Boden mit Felsblöcken und Ablagerungsmassen bedeckt ist, glänzen die Wände und insbesondere die Decke bei heller Beleuchtung von zahlreichen alabasterweißen Tropfsteinen. Sehr zart sind hier die schlanken Stalaktiten. An einzelnen Stellen zu Hunderten beisammen, erregen sie, oft so dünn wie Federstiele, wegen ihrer zierlichen Form die Bewunderung der Besucher. Von besonderm Interesse ist es, daß die Enden fast aller Stalaktiten nach dem Innern der Höhle gerichtet sind, woraus man schließen kann, daß vom Eingange her ein beständiger Luftzug herrschte, der das die Tropfsteine bildende Sinterwasser zwang, so ungewöhnliche Formen zu bilden. Zur linken Hand, nahe der Wand, gewahrt man eine Öffnung, welche zu einem kleinen, noch nicht durchforschten Abgrunde oder zu einem tieferliegenden Gange zu führen scheint. Etwa 8 *m* vor dem Ende befindet sich die Öffnung zu einer untern Etage, welche ungefähr 6 *m* tiefer liegt und ebenfalls reiche Tropfsteinbildungen aufweist. Dieser untere ziemlich niedere Gang dehnt sich nahezu 20 *m* weit aus, zeigt mehrere Spalten, welche augenscheinlich in einen Abgrund führen, und kehrt wieder in den obern Hauptgang zurück. Der für einen Höhlenforscher bemerkenswerteste und zugleich anziehendste Teil der neuen Tropfsteinhöhle ist der Abgrund, welcher sich in derselben befindet. Er ist sehr tief und kann als Typus eines Abgrundes im mährischen Karstgebiete angesehen werden. Der vordere Rand des Schlundes ist abschüssig und von zahlreichen sich aneinander lehnenden Felsblöcken gebildet, deren durch diese gebildete Spalten teilweise mit Ablagerungsmassen gefüllt sind. Der hintere Rand führt schräg auf einer lehmigen Masse 4 *m* abwärts, wobei sich der Schlund verengt und kaum $1^1/_2$ *m* im Durchmesser zeigt. Der Höhlenforscher Koudelka ließ sich von hier aus in einem Bergmannskübel an einem festen Seile von Süden gegen Norden über die lehmige Masse schräg hinab und fuhr dann 11 *m* in die Tiefe. Hier fand sich eine schräge Stufe, welche von Südost nach Nordost gerichtet, 5 *m* lang, beinahe 1 *m* breit und mit einer lehmigen Ablagerungsmasse und mit Kulmgeschiebe bedeckt ist. Die nordöstliche Felswand geht in die Tiefe und zeigt eine Reihe auseinandergehender, senkrechter, ausgewaschener Wasserrinnen. Von der eben beschriebenen Stufe gehen drei Öffnungen in die Tiefe. Die südöstliche bildet eine kaum $^1/_4$ *m* breite Felsspalte, welche ungefähr 2 *m* tief zu einer Ablagerung führt. Von hier zweigt sich ein sehr kleiner unterer Gang ab, welcher hinter dem Schlunde zu dem obern Höhlengange zurückführt. Auf dem gegenüberliegenden Ende der Stufe befindet sich die zweite enge Öffnung, welche in die Tiefe führt, aber zunächst in einen Gang, durch welchen man in die dritte Öffnung einzudringen vermag.

Von dieser geht es 5.5 *m* schräg abwärts in eine kleine Felskammer, welche ungefähr 1.5 *m* breit und ebenso hoch ist. Von hier führen wieder zwei Öffnungen; die im Osten ist fast kreisrund und hat einen Durchmesser von 6.4 *m*, die im Norden ist 0.75 *m* hoch und fast 0.5 *m* breit. Wenn man sich nun durch

die letztere durchgezwängt hat, kommt man in einen fast horizontal verlaufenden Gang, der nach Nordnordost mäßig abfällt mit und Schlamm und einer Lache ganz klaren Wassers bedeckt ist. Der kleine, bogenartig geformte Gang zeigt eine gewölbte Decke, welche auf vom Wasser förmlich polierten Felswänden aufruht, ist bei seinem Beginne 1 bis 2 *m* breit und nahezu 1.5 *m* hoch, wird aber, je weiter man vordringt, desto enger und niedriger und wendet sich zugleich etwas nach Nordnordost. Die ganze Länge des Ganges beträgt 14 *m*, und zwar zu Beginn in der Richtung von Süden nach Norden 4 *m* und dann von Südost nach Nordwest 10 *m*; das Gefälle dagegen mag ungefähr 4 *m* betragen. Der Boden ist mit Schlamm bedeckt und zeigt eine schräge Richtung von der westlichen Felswand zur östlichen.

Der kleine Gang mündet in eine kleine Halle, deren Eingang 1.5 *m* breit und fast ebenso hoch ist, und deren von zahlreichen Löchern förmlich zerrissene Decke am Ende in einen 3½ *m* hohen Schlot übergeht. Die Halle ist, von Osten nach Westen gemessen, 5 *m* breit, von Süden nach Norden 8 *m* lang und 8 bis 10 *m* hoch. Ungefähr in der Mitte derselben befindet sich an der Decke ein Felsblock, welcher wahrscheinlich in einem Schlote verkeilt ist. Der sehr unebene, wellenförmige Boden ist mit einem zähen Schlamme bedeckt und fällt von Süden nach Norden ab. Von der Mündung des kleinen Ganges, 4 *m* in nördlicher Richtung entfernt, kann man sich mit größter Vorsicht dem Rande des Abgrundes nähern, doch liegt die Stelle ungefähr 1.5 *m* tiefer.

Von dieser aus kann man wahrnehmen, daß die Halle in nördlicher Richtung nach oben in eine sehr enge Felsspalte übergeht, welche unten 10 bis 15 *m*, dagegen in gleicher Höhe mit dem Boden der Halle über 1 *m* breit ist. Die Spalte wird von nahezu senkrecht abfallenden Felswänden begrenzt, welche sich oben bis auf 0.5 *m* nähern, während sie unten 2 bis 2.5 *m* voneinander abstehen.

Vom Rande des Abgrundes geht es 7.5 *m* zu einer schief liegenden Ablagerungsmasse hinab, hinter welcher sich in einer Spalte viele mit Schlamm bedeckte Felsblöcke befinden. Hat man diese erreicht, so geht es 4.5 *m* wieder zu einer lehmigen Ablagerung hinab, welche den ganzen Boden der unten sehr breiten Felsspalte bedeckt. Der Höhlenforscher Koudelka konnte, nachdem er sich noch 1.5 *m* unter die Felsblöcke hinabgelassen hatte, nicht weiter vordringen, weil er sah, daß das Seil, auf dem er sich herabgelassen hatte, sich auf den im Schlamme steckenden Blöcken bewegte. Er versuchte nun, eine andere Öffnung in den Abgrund zu finden. Tatsächlich führt gerade gegenüber dem kleinen Gange, durch welchen man in die beschriebene Halle gelangt, ein 1.5 *m* hoher und 1 bis 1.5 *m* breiter Gang in südöstlicher Richtung über eine schlammige Ablagerung in die Tiefe. In der Entfernung von 6 *m* biegt dann der Gang nach Nordosten ab und endigt in einer Länge von 8 *m* bei dem Schlunde, welcher 30 *cm* lang und halb so breit ist. Gang und Schlundloch sind mit Schlamm bedeckt. Überdies war es ganz unmöglich, durch diese enge Öffnung zu kriechen; infolgedessen mußte der Versuch, bis zu dem untern Ende des Abgrundes zu gelangen, aufgegeben werden. Er ist, wie Koudelka durch andere Messungen ermittelte, 50 *m* tief und reicht selbstverständlich wie alle Abgründe im mährischen Karste bis zum unterirdischen Wasserlaufe, in dem gegebenen Falle bis zu dem des Kiriteiner Baches, hinab. Da der genannte Forscher eine Tiefe von 34 *m* erreicht hatte, so hätte er noch 16 *m* zurücklegen müssen, um bis ans Ende zu gelangen.

Der unterirdische Abfluß des Säntisersees. Die naturwissenschaftliche Gesellschaft in St. Gallen hat vor einiger Zeit ein sehr interessantes Experiment mit Erfolg ausgeführt, um den unterirdischen Abfluß des hinter der Bergkette des Hohen Kasten 1200 *m* hoch gelegenen Säntisersees, der bisher unbekannt war, festzustellen. Es wurde der See mittels 3 *kg* Fluoreszeïn grün gefärbt. Einige Tage

darauf erschien das Wasser im Mühlenbache bei Sennwald deutlich grün mit der charakteristisch gelbgrünen Fluoreszenz des eingeworfenen Farbstoffes, womit der Beweis dafür gebracht ist, daß das Wasser des Säntisersees durch die zerklüfteten Kalkfelsen hindurch dem 800 *m* tiefer gelegenen Rheintale unter Vermittlung des Mühlenbaches bei Sennwald zuströmt.

Flüsse.

Über die Beschaffenheit des Wassers der Oder und einiger Nebenflüsse derselben verbreitete sich auf der Breslauer Naturforscherversammlung (1904) Dr. Lüdecke. Bei den verschiedenen Wasserständen ist die Beschaffenheit der im Wasser gelösten und darin schwebenden Stoffe sehr verschieden. Die schwebenden Stoffe betragen im Strome mindestens 4 *g* im Kubikmeter, höchstens, bei Hochwasser 263 *g*. Der höchste Schlammgehalt läuft dem Scheitel der Hochwasserquelle etwas voraus. Die Schlammteile sind meist feine sandige Stoffe. Der eigentliche Ton ist geringer an Menge darin. Die gelöste Salzmenge ist am größten bei Niedrigwasser. Ihr höchster Betrag ist gemessen zu 320 *g* im Kubikmeter. Bei höhern Wasserständen geht der Betrag zurück. Am härtesten (am meisten kalk- und magnesiahaltig) ist das Stromwasser bei Niedrigwasser. Eisen enthält es wenig. Lüdecke legte im weitern die Zusammensetzung des Wassers der Schweidnitzer Weistritz und ihrer Zuflüsse dar, sowie der Flüsse zu beiden Seiten des Riesengebirges, und erörterte die Entstehung der Moore.

Das Stromgebiet des Dniepr behandelt R. v. Wybranowski.[1] Die Flußlänge beträgt 2150 *km*, das ganze Stromgebiet nach Maximowitsch 518 547 *qkm*. Durchschnittlich fallen auf demselben nach Tilla jährlich 501 *mm* Niederschläge, und von diesen fließen 35% in den Dniepr ab. Der Hochstand seines Wassers fällt auf den April, während das Maximum der Niederschläge in die Monate Juni bis August fällt. Die Wasserzufuhr des Stromes findet hauptsächlich aus den Mooren und Wäldern statt.

Die Hochwasser des Mississippi im Frühjahre 1903 sind von H. C. Frankenfield untersucht worden.[2] Von Memphis bis zu den Pässen war der Wasserstand höher als je zuvor, zu Memphis um 2.8, zu New-Orleans um 0.8 Fuß. Die Ursache dieser Flut ist in ungewöhnlich starken Regenfällen während des Februar und Regenstürmen des südwestlichen Typus zu suchen. Den beträchtlichsten

[1]) La Géographie 8. Nr. 2.

[2]) U. S. Department of Agriculture Bulletin M. The Floods etc. in the Mississippi Watershed. Washington Weather Bureau 1904.

Wasserzufluß erhält der Hauptstrom durch den Missouri und Ohio. Was die Dauer der Flut anbelangt, so stieg der Mississippi zu New-Madrid über die Gefahrlinie am 17. Februar und sank unter dieselbe zu New-Orleans am 21. Mai, so daß die Gesamtdauer der Überschwemmung 94 Tage betrug. Die Verheerungen, welche der untere Missouri und Kansasriver anrichteten, erreichten ihren Höhepunkt bei der Stadt Kansascity, wo die Flut höher stieg als bei der berüchtigten Überschwemmung von 1844. Die Hochwasser waren hier lediglich durch die außergewöhnlichen Regenfälle während des Mai im Gebiete des Kansasriver hervorgerufen. Die Brücke der Missouri-Pacificbahn über den Kansasfluß war unter 17 Brücken die einzige, welche von der Überschwemmung nicht fortgerissen wurde. (Tafel V.)

Das Mündungsgebiet des Amazonas und Tocantins ist neuerdings von Hartt und Huber studiert worden.[1]) Ersterer behauptet, daß in einer nicht sehr weit zurückliegenden Epoche, als das Terrain noch niedriger war wie heute, durch die Region der Breveskanäle ein breiter Arm des Amazonas sich in das Ästuarium des Rio Para ergossen habe, wie solches heute noch in der Regenzeit stattfindet. Die Region dieser Kanäle wird bezeichnet durch das Gebiet, welches im Norden durch den Paranamiry Uituquara, im Westen durch den Kanal Tajapuru und seine Fortsetzung nach Süden, den Tajapurusinho, im Osten durch den Rio Macacos und Rio dos Breves, im Süden durch die Bahias de Portel, Melgaco und dos Bocas begrenzt ist. Das wichtigste Phänomen in der Hydrographie des Paraästuariums besteht darin, daß die Flut in ihm viel mehr zur Geltung kommt als an der nördlichen Mündung des Amazonas und demzufolge nicht nur wie hier eine mehr oder weniger starke Wasserstauung, sondern eine ausgesprochene Gegenströmung hervorruft. Der nördliche Teil der Kanäle, nördlich von dem quer verlaufenden, die drei Hauptkanäle verbindenden Aturia steht unter direktem Einflusse des Amazonas, der südliche unter dem des Paraästuariums. Von beiden Seiten, von Norden wie von Süden, tritt bei Flut das Wasser in die Kanäle ein, um dieselben bei Ebbe auf dem gleichen Wege zu verlassen. An bestimmten, natürlich nicht sehr scharf markierten Stellen der einzelnen Kanäle trifft nun das aus dem Amazonas eintretende Wasser mit dem aus dem Paraästuarium stammenden zusammen — diese Stellen heißen nach der Bezeichnung der Brasilianer „Encontros d'agua" und liegen an zwei von den drei Hauptkanälen in etwas verschiedener Höhe, im Jaburu etwas nördlicher als im Macacos, während an dem westlichsten Hauptkanale, dem Tajapuru, anscheinend von einer solchen „Wasserbegegnung" nicht die Rede ist, sondern das Wasser ständig, bei Ebbe stark, bei Flut schwach von

[1]) Globus 85. p. 30.

Nord nach Süd, vom Amazonas zum Paraästuarium abfließt. Dieser Angabe, die mit den Berichten von Martins, Prinz Adalbert von Preußen, Hartt und Coudreau übereinstimmt, widersprechen die Angaben z. B. von Wallace, Barao de Marajo, die auch im Tajapuru Gegenströmung von Süd nach Nord angetroffen haben. Es bleibt deshalb die Entscheidung dieser Frage einer Reihenfolge methodischer mindestens auf ein ganzes Jahr ausgedehnter Beobachtungen vorbehalten. Jedenfalls aber ergießt der Tajapuru, wenigstens während der Ebbe, eine große Menge Amazonaswasser, ein Faktum, das einmal daraus erhellt, daß sogar in den südlichen Abschnitten der Kanäle, wo bei Flut Gegenströmung vorhanden, die Ebbe bei stärkerer Strömung auch längere Zeit in Anspruch nimmt als die Flut, so daß z. B. nach einer einfachen Berechnung vor dem Flecken Breves durch den Kanal gleichen Namens bei jeder Ebbe 15 444 000 *cbm* Amazonaswasser, für die sämtlichen nach Süden mündenden Kanäle das sicher nicht zu hoch gegriffene Vierfache gerechnet, also über 60 000 000 *cbm* Amazonaswasser sich in das Paraästuarium ergießen, eine Wassermenge, die von allen südlichen Zuflüssen des Paraästuariums zusammen genommen nach Hartt sicher nicht annähernd erreicht wird. Danach kann der Auffassung, daß das Paraästuarium als Amazonasarm und der Tocantins als dessen Nebenfluß zu betrachten sei, kaum mehr etwas Stichhaltiges entgegengehalten werden.

Auffallend ist die bedeutende Tiefe der Kanäle im Verhältnisse zu ihrer Breite; nach Herndon wechselt die Breite von 45 bis 460, die Tiefe von 10 bis 55 *m*. Im Arama ist die größte Tiefe beim Flecken gleichen Namens 30.5 *m*, der Tajapuru scheint gleiche, der Macacos geringere Tiefe aufzuweisen. Der Wasserstand ist ein sehr konstanter und schwankt von tiefster Ebbe zu höchster Flut im Arama z. B. nur um 3 *m*.

Alle Inseln der Region der Breveskanäle sind Neubildungen der Sedimentation des Amazonaswassers, die auch heute noch fortdauert. Ein Brunnenschacht von 10 *m* Tiefe an einem etwas höher gelegenen Punkte des Aramaufers ergab das folgende Profil: 1 *m* gelben, im obern Teile humusreichen Ton, darunter 9 *m* blaugrauen, sehr feinen, plastischen Ton mit kleinen, schwarzen, mit bloßem Auge sichtbaren Fragmenten.

Bei der Neubildung von Inseln sind es vor allem zwei Pflanzen, die vermöge der Fähigkeit ihrer Samen, lange auf dem Wasser zu schwimmen, als Pioniere der Vegetation eine Sandbank, nachdem sich genügend Schlamm auf ihr abgelagert, in ihrer ganzen Ausdehnung einnehmen, die Aninga (Montrichardia arborescens) und der Aturia (Drepanocarpus lunatus), und zwar in der Regel auf einer bestimmten Bank nur die eine von den beiden unter Ausschluß der andern. Nachdem nun durch diese erste Vegetation die Ablagerung angeschwemmten Materiales erleichtert, erscheinen bald andere Pflanzen, besonders die Mangue (Rhizophora mangle), in deren

Schatten weder die Aninga, noch der Aturia mehr gedeihen, so daß diese immer mehr an den Wasserrand zurückgedrängt werden. Das gleiche Los wird dann der Mangue von andern in ihrem Schutze angesiedelten Bäumen (Mirity, Sumauma u. a.) zuteil, auch sie wird immer mehr nach dem Wasser zu zurückgedrängt. So finden sich denn an allen Inseln, wenigstens an der dem Strome abgekehrten (untern) Seite, wo das mehr stagnierende Wasser eine andauernde Ablagerung gestattet, als äußerster Vegetationsgürtel ein Aninga- oder Aturiabestand, nach innen davon ein Manguebestand, und erst hinter diesem beginnt das Vielerlei der im untern Amazonasgebiete heimischen Baumarten.

Die Schwarzwasserflüsse Südamerikas. Eine Zusammenstellung und Diskussion des hierüber vorliegenden Materiales hat Dr. Josef Reindl gegeben.[1])

Hiernach liegen die schwarzen Ströme Südamerikas mit kaum nennenswerten Ausnahmen auf der großen „Brasilianischen Masse", die sich als eine alte geologische Bildung vom Orinoco-Apure im Norden bis zum Uruguay im Süden erstreckt. Seit der Faltung ihrer archäischen Grundgesteine hat diese gewaltige „Masse" keine Störung in der Lagerung ihrer Gesteinsschichten mehr erfahren, und selbst die devonischen und karbonischen Ablagerungen, also Formationsgruppen sehr hohen Alters, liegen ungestört über dem stark gefalteten Grundgebirge.

Topographisch zerfällt dieses große Gebiet in mehrere Teile, die Reindl wie folgt unterscheidet:

1. Das Bergland von Brasilien, südlich von Amazonas und östlich von Madeira. Das durch den Parana, den Paraguay und die Amazonasnebenflüsse reichbewässerte Binnenland ist größtenteils flach, und nur allmählich erhebt sich dasselbe nach der Küste zu, um dort ein über 300 000 qkm umfassendes Küstengebirge zu bilden, das fast in allen seinen Teilen zusammenhängt und sich bei einer mittlern Höhe von 300 bis 700 m von der Nordküste herab bis Uruguay hinein erstreckt. Der am Meere hinstreichende Gebirgsrücken ist in seiner größten Ausdehnung unter dem Namen Serra Geral bekannt. Das Bergland des Innern, welches keinen hervorragend hohen Punkt aufweist, wird Serra dos Vertentes, d. h. Quellengebirge genannt, weil auf ihm die Wiegen vieler südlicher Nebenflüsse des Amazonas und vieler Zuflüsse des Paraguay und Parana liegen. Es ist ein 450 m hohes Tafelland mit aufgesetzten Tafelbergen, tiefen Flußeinschnitten und zahlreichen Wasserfällen, durch die die Schiffahrt in das Innere beschwerlich gemacht, ja sogar oft verhindert wird. Von Süden aus erscheint das Gebiet als Gebirge mit zerklüfteten, steilen Gehängen und Wänden. Die Binnenplateaus (chapadas) sind entweder nur mit Steppengras bedeckt oder mit niedrigem Gehölze, sogenannten „Caatingas" bestanden. Dieselben sind überall kulturfähig und im ganzen gut bewässert; nur im Nordosten des Landes trifft man ausgedehnte wasserarme, mit dürren Wäldern bestandene Ebenen, sogenannte „sertoes", welche sich nur vorübergehend während der Regenzeit mit frischem Grün bedecken. Auffallend kontrastieren

[1]) Die schwarzen Flüsse Südamerikas. Hydrogr. Studie von J. Reindl. München 1903.

mit diesen die mit ewig grünem Urwalde bedeckten Täler der zahlreichen Flüsse und Bäche und verleihen den sonst so öden, einförmigen Plateaus einige Abwechslung und einigen Reiz.

2. Die brasilianische Masse nördlich vom Amazonas. Hier dehnt sich am mittlern und obern Rio Negro, am Atabapo und Cassiquiare ein ungeheures Granitgebiet aus, dessen völlige Horizontalität schon Humboldt in Erstaunen setzte, und die die geringe Strömung, sowie die zahlreichen Bifurkationen und Stromvermischungen der dortigen Flüsse verursacht. Im Osten des Rio Negro wird dasselbe von einer Sandsteindecke überlagert, die sich gegen das Bergland von Guayana ausdehnt und dort in waldbedeckte, aber auch kahle Gebirgslandschaften übergeht. Sie bilden vom Rio Negro bis zum Essequibo die Hauptwasserscheide zwischen dem Amazonassysteme im Süden und dem Orinoco- und Essequibosysteme im Norden. Unterbrochen wird diese Wasserscheide nur zwischen dem Mahu und dem Rupununi, auf einem flachen Granitgebiete, wo zur Regenzeit eine Wassermischung zwischen diesen zwei letztgenannten Strömen stattfindet.

3. Die Niederung des Amazonas. Diese ungeheuere Fläche senkt sich von der Oststufe der Cordilleren bis zum Atlantischen Ozeane, also auf einer Erstreckung von 3000 km kaum um 200 m, während die Senkung vom Berglande Guayanas bis zum Bette des Amazonas auf 600 km Erstreckung etwa dreimal größer ist. Auf diesem ganzen, ungeheueren, Europa an Größe vergleichbaren Gebiete kämpfen Fluß und Wald um die Herrschaft bis zum Trombetas, wo ausgedehnte Camdistrikte auftreten. Die Ströme, die sich in dieser großen Ebene bewegen, werfen sämtlich ihre Wassermasse dem Amazonas zu, der die Niederung von W nach O durchzieht. Sämtliche Flüsse tragen hier denselben Charakter eines in unzähligen Schlingen sich windenden Laufes und niederer, während eines großen Teiles des Jahres vom Hochwasser überfluteter Ufer. Namentlich für die Gewässer westlich vom Madeira und Rio Negro sind die fortwährenden Veränderungen des Stromlaufes charakteristisch. Ehrenreich schreibt hierüber: „Vom hohen Ufer der terra firma, dem Reste jenes alten Meeresbeckens, werden ungeheure Massen durch Unterspülung abgeschwemmt und geben an Biegungsstellen Material für mächtige Alluvialbildungen, die schließlich die Ströme aus ihrer Bahn ablenken und zu neuen Volten nötigen. Es entsteht so ein labyrinthisches Kanalsystem, das die Flüsse in ihrem ganzen Laufe begleitet, die sogenannten Igarapés, die aber auch weit in die Terra firma eingreifen. Wird nach Bildung einer neuen Biegung der Eingang oder Ausgang einer alten verlegt, so bildet sich an ihrer Stelle eine bogenförmige Lagune, die durch kleine „Furos“ mit dem Hauptflusse in Verbindung bleibt. Beiderseits wird ein solcher Fluß von einem ganzen Systeme solcher Lagunen eingefaßt, wie dies in kleinem Maßstabe auch bei europäischen Flüssen, z. B. dem mittlern Rheine der Fall ist Derselbe Prozeß wiederholt sich bei den Nebenflüssen; es bilden sich Kommunikationen zwischen diesen und den Tributären des Parallelstromes, so daß schließlich ein Fluß mit dem andern in Verbindung steht.“

Die Schwarzwasserflüsse finden sich auf der brasilianischen „Masse“ und in der großen Amazonasniederung in großer Anzahl. Reindl unterscheidet behufs Einzelbeobachtung dieselben in folgenden Gruppen: 1. die schwarzen Flüsse des Orinocosystemes, 2. diejenigen Guayanas, 3. die des Amazonassystemes, darunter a) die rechtsseitigen, b) die linksseitigen, 4. die des brasilianischen Berglandes, 5. zweifelhafte Schwarzwasserflüsse.

Was die schwarzen Flüsse des Orinocosystemes anbelangt, so sagt darüber A. v. Humboldt: „Mit der Mündung des Rio Zama betraten wir ein Flußsystem, das große Aufmerksamkeit verdient. Der Zama, der Mataveni, der Atabapo, der Tuamini, der Temi, haben schwarzes Wasser (aquas negras), d. h. ihr Wasser, in großen Massen gesehen, erscheint kaffeebraun oder grünlich schwarz, und doch sind es die schönsten, klarsten, wohlschmeckendsten Wasser. Wenn ein gelinder Wind den Spiegel dieser schwarzen Flüsse kräuselt, so erscheinen sie

wiesengrün wie die Schweizer Seen. Im Schatten ist der Zama, der Atabapo usw. schwarz wie Kaffeesatz. Diese Erscheinungen sind so auffallend, daß die Indianer allerorten die Gewässer in „schwarze und weiße" einteilen."

Von diesen Flüssen sind bis jetzt nur zwei ihrem ganzen Laufe nach bekannt, darunter der Atabapo, dessen Uferlandschaften einen großen Kontrast mit den Gegenden am Orinoco bilden. Humboldt sagt darüber: „Sobald man das Bett des Atabapo betritt, ist alles anders, die Beschaffenheit, der Lauf, die Farbe des Wassers, die Gestalt der Bäume am Ufer. Bei Tage hat man von den Moskiten nicht mehr zu leiden, die Schnaken mit langen Füßen (Zancudos) werden bei Nacht sehr selten, ja oberhalb der Mission San Fernando verschwinden diese Nachtinsekten ganz. Das Wasser des Orinoco ist trübe, voll erdiger Stoffe, und in den Buchten hat es wegen der vielen toten Krokodile und anderer faulender Stoffe einen bisamartigen, süßlichen Geruch. Um dieses Wasser trinken zu können, mußten wir es nicht selten durch ein Tuch seihen. Das Wasser des Atabapo dagegen ist rein, von angenehmem Geschmacke, ohne eine Spur von Geruch, bei reflektiertem Lichte bräunlich, bei durchgehendem gelblich. Das Volk nennt dasselbe „leicht", im Gegensatze zum trüben, schweren Orinocowasser. Es ist meist um 2°, der Einmündung der Temi zu um 3° kühler als der Orinoco. Wenn man ein ganzes Jahr lang Wasser von 27 bis 28° trinken muß, hat man schon bei ein paar Graden weniger ein äußerst angenehmes Gefühl. Diese Temperatur rührt wohl daher, daß der Fluß nicht so breit ist, daß er keine sandigen Ufer hat, die sich am Orinoco bei Tage auf 50° erhitzen, und daß der Atabapo, Temi, Tuamini und der Rio Negro von dichten Wäldern beschattet sind."

Nicht nur der Orinoco empfängt aus Guayana zahlreiche Schwarzwasserflüsse, sondern es fließen auch solche direkt in den Atlantischen Ozean, darunter der Barima. Der Essequibo, der größte Fluß Guayanas, zeigt in seinem Quellengebiete die gleiche Färbung. Robert v. Schomburgk schreibt darüber: „Bei dem Wilhelmskatarakte ist sein Wasser dunkelbraun, das sich aber erhellt, sobald es den weißen Rupununi abermals aufgenommen, weiter nördlich wird es durch die roten Wasser des Siparuni abermals gefärbt, und noch weiter nach Norden gibt ihm der Potara seine frühere Farbe zurück, die er auch nun bis zu seiner Vereinigung mit dem Mazaruni und Cuyuni beibehält, worauf er wieder die Farbe annimmt, die er nördlich vom Rupununi hatte."

Andere Schwarzwasserflüsse Guayanas, die sich direkt in den Ozean ergießen, sind der Demerara und der Berbice. Reindl hat mit erstaunlichem Fleiße alle Nachrichten über die Wasserfarben einer Menge von Nebenflüssen gesammelt und führt sie speziell auf.

Die schwarzen Flüsse des Amazonenstromtales haben ihren typischen Repräsentanten in dem links einmündenden Rio Negro. Er führt in seinem Oberlaufe den Namen Guainia und hat auch dort, wo er in einem Granitbette fließt, tintenschwarzes, klares, durchsichtiges Wasser, dessen mittlere Temperatur 28 bis 29° beträgt. Beim Einflusse des Rio Branco, dessen weiße Wasser den größten Kontrast zu denen des Rio Negro bilden, beginnt des letztern Unterlauf. Die Ufer werden jetzt flach und sandig. Zur Hochwasserzeit, vom April bis zum August, werden die Inseln, die jetzt nicht mehr, im Gegensatze zu den Restinseln des Granitgebietes, aus Felsen bestehen, sondern sämtlich zu den Anschwemmungsinseln gehören, unter Wasser gesetzt. Der Fluß bildet, sagt Reclus, wie die kanadischen Flüsse, mehr die Fortsetzung eines Sees als die eines Flusses. Er hat oft eine Breite von 25 km, und seine Strömung ist außerordentlich schwach. Mit Recht bezeichnen ihn die Indianer, wie uns Reclus ebenfalls berichtet, im Gegensatze zu dem reißenden Amazonas als den „toten" Strom.

Auf diesem Unterlaufe ist das Wasser nicht mehr klar, sondern durch Beimengung von Sedimenten getrübt, die Farbe wechselt an Intensität, ist an seichten Stellen bernsteingelb, an tiefen undurchsichtig schwarz. Das ganze

Gebiet der Zuflüsse des Rio Negro, rechts wie links, ist überhaupt reich an schwarzen Gewässern. Der Cassiquiari führt dagegen kein schwarzes Wasser.

Beim Caqueta-Japura zeigt nur ein kleiner Flußabschnitt die Farbe des Rio Negro.

Von den rechtsseitigen Schwarzwasserzuflüssen des Amazonas ist das gewaltige Flußsystem Araguaya-Tocantins zu nennen. Ersterer mündet in den letztern unter 5° 20' südl. Br. Sein Wasser ist auffallend klar und dunkel. Wenigstens zu den Dunkelwasserflüssen gehört der Xingu, der uns durch K. von den Steinens Forschungen genauer bekannt wurde, und dessen Hauptquellfluß H. Meyer erforscht hat. Als 9 km breiter Strom ergießt sich der Xingu unter $1^1/_2$° südl. Br. in den Amazonas. Die Wirkung von Ebbe und Flut wird auf seinem ganzen untern Laufe verspürt. Über seine Länge sagt Clauß: „Um sich an der Hand geläufiger Distanzen eine Vorstellung von der ungeheuren Länge des Xingu zu bilden, denken wir uns seine Mündung nach Hamburg verlegt; dann würden wir seine Quellen an der afrikanischen Nordküste bei Tunis zu suchen haben."

Der Tapajoz, welcher durch die Vereinigung des Arinos und Juruena entsteht, führt ebenfalls dunkles Wasser. Chandleß bemerkt darüber: „Oberhalb der Mündung des San Manoel verwandelt sich das Flußwasser von dem hellen Grün des Arinos und Juruena in eine dunkle, schwärzliche Färbung; aus diesem Grunde ist der Fluß von San Manoel abwärts unter dem Namen River Preto bekannt. Sogar in Santarem spricht man unter keinem andern Namen von ihm." Avé-Lallemant sagt: „In schräger Richtung setzten wir über den grauen Strom (Amazonas), der plötzlich scharf abgeschnitten schwarz erschien. Beide Wasserschichten liefen ganz unvermischt nebeneinander hin, jede ihre Uferseite behauptend, ein höchst auffallendes Phänomen. Das ist das sogenannte „schwarze Wasser" des mächtigen Tapajoz, an dessen rechtem Ufer Santarem liegt. Silberklar und vollkommen rein ist das Wasser des Tapajoz zumal neben dem trüben, grauen Wasser des Amazonenstromes."

Katzer sagt davon: „Das Wasser des Tapajoz erscheint im reflektierten Lichte, wenn sich der reine Himmel darin spiegelt, blauschwarz, bei direkter Sonnenbestrahlung schwärzlichgrün (wie Alizarintinte) bis hell olivengrün, je nach der Tiefe. Es ist dabei äußerst klar, so daß man selbst durch eine 3 bis 4 m mächtige Schicht bis auf den Grund sieht. Es gilt als sogenanntes „schwarzes" Wasser, und der Fluß wird daher von den Cearenser Kolonisten bei Santarem auch kurz Rio preto (schwarzer Fluß) genannt. Die Analyse einer bei Itaituba geschöpften Probe ergab einen außergewöhnlich geringen Gehalt an gelösten Bestandteilen, in welchem Sinne der Tapajoz zu den reinsten Flüssen der Welt gehört."

Der gewaltige Madeirastrom hat ebenfalls mehrere Schwarzwasserzuflüsse. Nach Sellin hat er selbst in der trockenen Jahreszeit eine sehr braune Farbe, während er in der Regenzeit, wenn Detritusmassen seine Fluten trüben, gelblich ist wie der Amazonas. Das nämliche soll auch für den Purus zutreffen, außerdem hat dieser noch mehrere echte Schwarzwasserströme als Zuflüsse.

Was die schwarzen Ströme des brasilianischen Berglandes anbelangt, so führt Reindl deren sechs auf, darunter auch den Rio Uruguay, der in seinem Oberlaufe nach Avé-Lallemant ein sehr dunkles Kolorit hat.

Schwarzwasserflüsse kommen, wie Reindl hervorhebt, vielleicht auch in Argentinien vor.

Das Steigen und Fallen der Flüsse im Amazonasgebiete richtet sich streng nach der Regen- oder Trockenzeit und erfolgt daher in einer sehr regelmäßigen jährlichen Periode. Beim Amazonas gibt die Vegetation einen vortrefflichen Maßstab für die horizontale Ausbreitung seiner Überschwemmungen, und man unterscheidet drei Typen derselben: Die erste Vegetationsform der Igapo, ist das bis zu 30 bis 35 km breite, an den beiden Flußufern sich hinziehende Überschwemmungsgebiet, welches in der Regenzeit für mehrere Monate so überflutet wird, daß selbst die höchsten Bäume nur noch mit den Wipfeln über dem

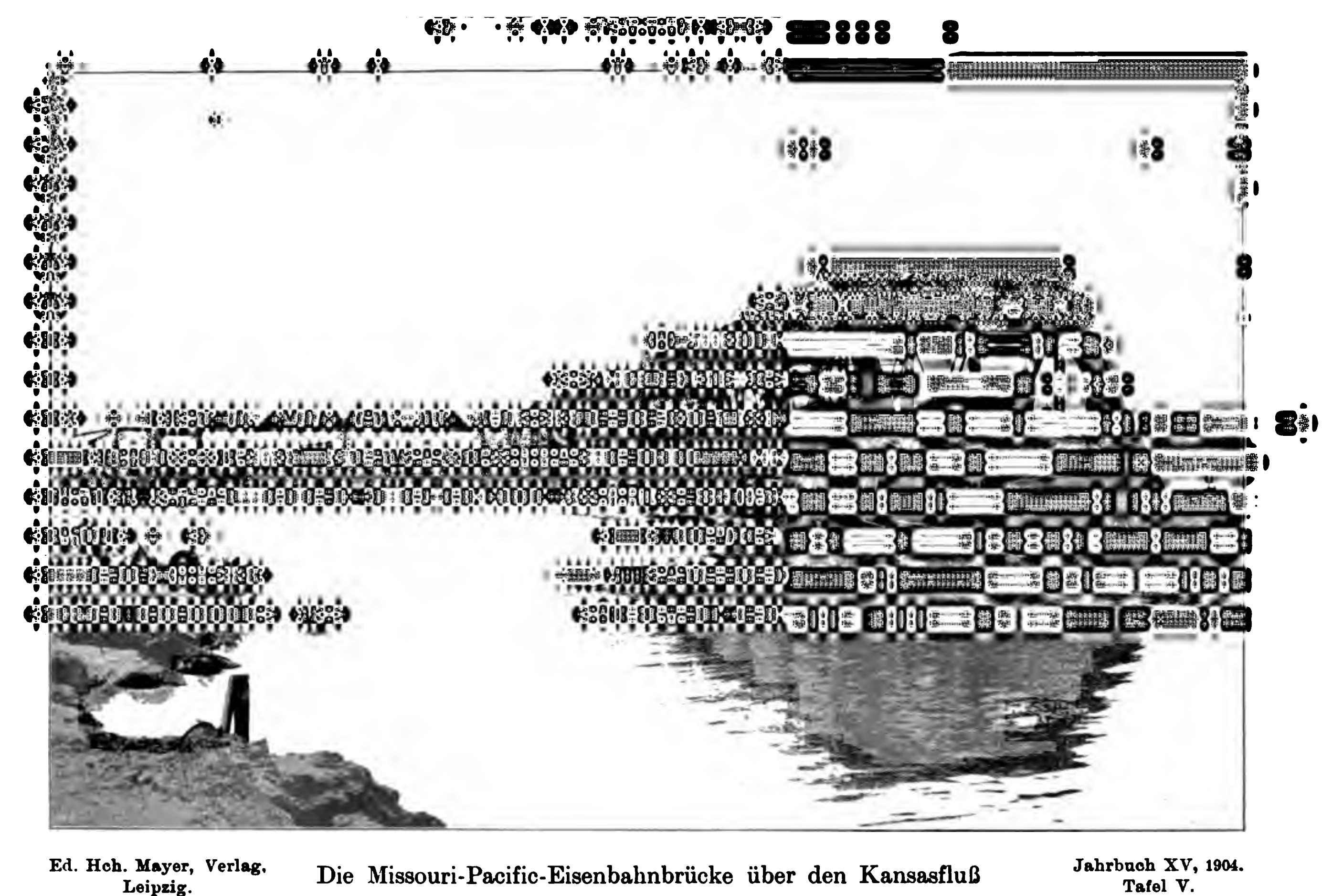
Wasser hervorragen. Das nächstfolgende Gebiet nimmt die Varzea ein. Sie wird nicht mit jedem Hochwasser überflutet und niemals bis zu bedeutender Tiefe. Bei normalem Wasserstande bildet sie fast durchgehends die Ufer. Die Terra firma endlich wird von der Hochflut nicht mehr erreicht. Der Wald hat hier ein ganz anderes Aussehen. Die Bäume erreichen oft eine Höhe von 60 bis 70 m, und das Unterholz und die Schlingpflanzen, die sich von Baum zu Baum winden, stehen oft so dicht beieinander, daß man sich nur mühsam und Schritt für Schritt seinen Weg mit dem Waldmesser hindurchzubahnen vermag.

Von einigen Schwarzwasserflüssen sind die Unterschiede von Hoch- und Niedrigwasser bekannt, sie erreichen z. B. im Unterlaufe des Rio Negro volle 10 m und ebenso viel im untern Tocantins.

Prüft man genauer das Auftreten der Schwarzwasserflüsse Südamerikas, so erkennt man mit Reindl, daß sie sich in Gegenden finden, wo große verwesende Pflanzenmassen vorkommen. „Wohl nirgends," sagt er, „fanden die sumpf- und moorbildenden Agenzien so günstige Verhältnisse zu ihrer Entwicklung als an den Flußufern der schwarzen Flüsse Südamerikas. Das Ineinandergreifen und Zusammentreffen fast aller nur möglichen Moorbildungsursachen mußte naturgemäß jene gewaltigen Phänomene hervorrufen, die, was ihre Dimensionen betrifft, unter ähnlichen Erscheinungen der gemäßigten Zone ihresgleichen suchen. Durch die große Ebenheit der Bodenfläche einerseits und die ganz geringe Strömung der Flüsse anderseits mußte naturgemäß Infiltration des Wassers eintreten, welchen Vorgang uns schon Franz v. Paula Schrank vor einem Jahrhunderte in seiner Theorie von der Entstehung des Donaumooses klar gelegt und Gümbel und Soyka in überzeugender Weise bestätigt haben. Da nun, bedingt durch die Horizontalität des Bodens, die schwarzen Flüsse Südamerikas. ähnlich unsern Moorbächen, auf vielverschlungenen, gekrümmten Pfaden dahinziehen, in ihrem Verlaufe durch steten Wechsel der Breite des Bettes und durch Serpentinbildung gekennzeichnet, so begünstigen außer der dadurch verstärkten Infiltration zahlreiche Überschwemmungen und Stauungen des Wassers die Bildung von Sümpfen und Mooren.

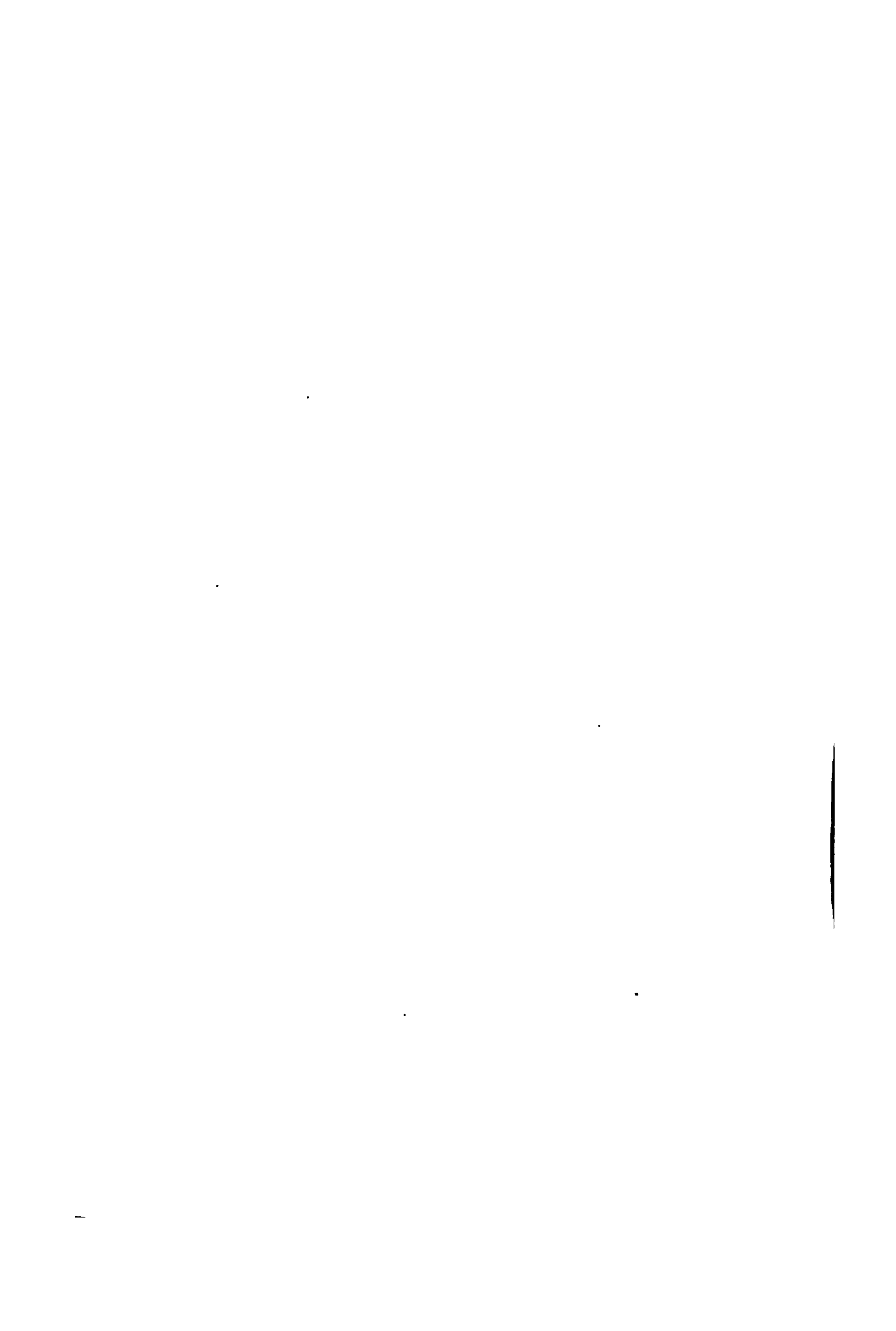
Ein weiterer Faktor, der als wichtiger Sumpfbildner hier auftritt, ist die überaus große atmosphärische Feuchtigkeit. Im Gebiete des Rio Negro und obern Orinoco, auf dem Berglande von Guayana, in der Amazonasniederung und im östlichen Berglande des Teiles von Brasilien sind die Niederschlagsmengen geradezu enorm, hier finden wir infolgedessen auch ausgedehnte Sumpf- und Moorbildungen. Im südlichen Brasilien und auf Mato Grosso sind zwar die Niederschlagsmengen nicht gerade gering, aber ungünstig auf die Jahreszeiten verteilt, infolgedessen herrscht hier mit Ausnahme einiger von Urwäldern begleiteten Flußufer die Campregion vor.

Dazu kommen die geognostischen Verhältnisse. Die Gesteinsarten, deren Verwitterungsprodukte an der Oberfläche die durchlässige Schicht bilden, sind die alten Urgesteine: Gneis, Glimmerschiefer, Granit und der geologisch jüngere Sandstein. Die chemische Beschaffenheit dieser Gesteine ist fast gleich. Auch ihre Zersetzungsprodukte stimmen in dieser Hinsicht überein: jener Grus und Sand, der im Gebiete der schwarzen Flüsse fast überall zu finden ist, ist nichts anderes. als was wir in Afrika Laterit nennen Nun ist bekannt, daß Laterit sehr permeabel ist. Zufolge seiner Wasserkapazität hält er die Feuchtigkeit zurück, die durch Adhäsion an die Bodenteile, sowie durch Kapillarität der Hohlräume gebunden wird. Dadurch, daß nun unterhalb der durchlässigen Verwitterungsprodukte die undurchlässigen Tonsubstanzen und die Urgesteine und Sandsteine dem Wasser entgegentreten, sammeln sich allmählich die Wasser hier an, verdrängen die Luft aus den Poren der durchlässigen Schicht und füllen diese selbst mit ihrer Feuchtigkeit aus. Daß dadurch den sumpfbildenden Agenzien allein schon ein vorzüglicher Ort zu ihrer Entwicklung geboten ist, bedarf keiner nähern Ausführung. Doch nicht genug! Hier auf diesem feuchten und fruchtbaren Boden konnte sich auch eine Vegetation



Ed. Hch. Mayer, Verlag, Leipzig.

Die Missouri-Pacific-Eisenbahnbrücke über den Kansasfluß bei Kansas-City, nachdem das Wasser um 8 Fuß gefallen war.



bilden, die einem Urwalde das Leben verlieh. Selten betritt ein menschlicher Fuß diese undurchdringlichen Wälder, keine Axt fällt die meterdicken Baumriesen. Wo der Sturm einen Stamm zu Boden wirft, bleibt dieser liegen. Aus den abgestorbenen Ästen und Zweigen, aus verfaulten Blättern, toten Waldpflänzchen und dichten Streumassen bilden sich am Boden schlammige Humus- und Moorschichten, die das Wasser aus der Atmosphäre mit Begierde aufsaugen und in dem undurchdringlichen Schatten des Walddickichtes auch leicht zurückhalten. Diese Moore sind echte Waldmoore (Holzmoore), im Walde und aus dem Walde entstanden, in ihren untern und obern Schichten fast völlig aus Waldresten und Baumstrünken zusammengesetzt.

Da im Gebiete der schwarzen Flüsse Kalkeinlagerungen so gut wie ganz fehlen, und die Tonschiefer, Granite, Glimmerschiefer und Sandsteine die Hauptbestandteile der festen Bodenschicht bilden, werden sämtliche Moore dort zu den kalklosen Mooren gerechnet werden müssen. Es kommt, wie hier betont sei, dabei nur auf die chemische Beschaffenheit des Wassers, das das Moor durchtränkt, an, nicht auf die chemische Beschaffenheit des Untergrundes des Moores."

Daß es aber im tropischen Südamerika nicht zur Torfbildung kommt, liegt, wie Senft auseinandersetzte, an den klimatischen Verhältnissen. Es müssen nämlich die durch des Sommers Wärme zur Verwesung angeregten Pflanzenreste durch des Winters Fröste in ihrer Verwesung gehemmt und ihre schon erzeugten Humussubstanzen unempfindlich gegen den Sauerstoff und die übrigen Verwesungspotenzen gemacht werden. Dies alles kann aber nur in denjenigen Landesgebieten der Erde stattfinden, in denen mit verhältnismäßig kurzen, häufig feuchten Sommern frostreiche Winter wechseln.

Eine merkwürdige, schon von Humboldt erkannte Tatsache ist, daß die Schwarzwasserflüsse arm an tierischem Leben sind. Sie beherbergen weniger Krokodile und noch weniger Fische, selbst die Moskitos, diese schreckliche Plage des Reisenden, finden sich dort nur in geringer Zahl. Diese Wahrnehmung ist von allen spätern Forschern bestätigt worden. Eine Erklärung der Tatsache ist aber schwierig. Reindl führt Gründe an, die es wahrscheinlich machen, daß die Armut der Schwarzwasserflüsse an Fischen durch die Armut an gewissen Mineralsalzen bedingt sei, namentlich durch das Fehlen von Kalk und Magnesia. Die Seltenheit der Moskitos an den Ufern der schwarzen Gewässer ist völlig unerklärt.

Schließlich zeigt Reindl, daß sich Schwarzwasserflüsse unter dem gleichen Tropenhimmel, unter den nämlichen Begleiterscheinungen und in fast gleichgroßer Ausdehnung auch in Afrika finden. So ist Nkoko ein von Norden kommender Nebenfluß des Congo, fast völlig schwarz, ebenso der Lukenje. Nicht minder haben Nordamerika und Asien ihre schwarzen Flüsse, endlich finden sich schwarze Wasser auch in Europa, in Nordirland, Schottland und Schweden. Auf die Ausführungen Dr. Reindls über die von verschiedenen Forschern gegebenen Erklärungen der Färbung der Schwarzwasserflüsse und die nach dieser Richtung hin angestellten Versuche kann hier nicht eingegangen werden. Die gesamten Resultate seiner Arbeit aber faßt Verf. in folgenden Thesen zusammen:

„1. Schwarzwasserflüsse finden sich nur in Gegenden, wo große verwesende Pflanzenmassen vorkommen.

2. Sie treten in Südamerika und auch anderwärts nur auf Gesteinen auf, die Alkalien enthalten, auf Granit, Gneis, Sandstein, Laterit, Ton, kurz auf Silikatgesteinen.

3. Sie fehlen durchaus auf Kalkboden.

4. Tritt ein Schwarzwasserfluß auf Kalkboden über, so verliert er nach kurzem Laufe seine schwarze Farbe und wird ein Weißwasserfluß.

5. Das Bett der Schwarzwasserflüsse ist weiß, das der Weißwasserflüsse, die Moorwasser aufnehmen, schwarz.

6. Die Schwarzfärbung führt sich darauf zurück, daß bei Anwesenheit von Alkalien im Wasser, wie sie stets auf Silikatgesteinen eintritt, die Humussäure mit diesen leichtlösliche, das Wasser braunfärbenden Verbindungen zum Teile saure Verbindungen eingeht.

7. In gleicher Richtung dürfte auch im Wasser gelöstes kohlensaures Eisenoxydul wirken.

8. Verstärkt mag die Schwarzfärbung für das Auge bei auffallendem Lichte durch das Fehlen suspendierter Partikel und die dadurch bedingte außerordentliche Klarheit der Gewässer werden, die tiefe Wasser stets dunkel erscheinen läßt.

9. Andere Momente, wie z. B. Beimengung von schwarzem, suspendiertem Schlamme, Auftreten von Diatomeen (Schwager) mögen lokal mitspielen, sind aber unwesentlich.

10. Das Fehlen von Schwarzwasserflüssen auf Kalkboden, sowie die Entfärbung derselben beim Betreten von Kalkboden führt sich auf den Ersatz der Alkalien in den humussauren Verbindungen durch Calcium und Magnesium zurück; diese humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen fallen als schwerlöslich aus.

11. Die weiße Farbe des Bettes der Schwarzwasserflüsse erklärt sich daraus, daß die Verbindungen der Lösungsprodukte der Silikatgesteine mit Humussäure überaus leicht löslich sind, daher in Lösung bleiben und das kohlensäurehaltige Wasser die Silikatgesteine, resp. deren zersetzbare Mineralien immer weiter löst; es bleibt weißliche Kieselsäure zurück.

12. Die schwarze Farbe des Bettes der Moorwasser enthaltenden Weißwasserflüsse dagegen führt sich auf die Ausfüllung der schwerlöslichen humussauren Calcium- und Magnesiumverbindungen zurück."

Seen und Moore.

Morphometrie der europäischen Seen. Dr. W. Halbfaß hat eine sehr mühevolle, umfassende und dankenswerte Arbeit über die morphometrischen Verhältnisse (Meereshöhe, Areal, Tiefe, Volumen, Umfang) der europäischen Seen veröffentlicht.[1]) Aus derselben ergibt sich u. a., daß 27 Seen Europas eine Tiefe von 200 *m* und mehr erreichen. Von ihnen liegen 14, also die Hälfte, auf der Skandinavischen Halbinsel, darunter die vier tiefsten, zehn in den Alpen oder am Rande derselben, zwei in Schottland, einer in Mazedonien. „Es ist sehr unwahrscheinlich," sagt Dr. Halbfaß, „daß außer dem Ladogasee, dessen Maximaltiefe noch nicht sicher feststeht, noch andere europäische Seen mit mehr als 200 *m* Maximaltiefe existieren, außer in Schottland oder in Norwegen. Alle tiefen Seen Europas liegen entweder am Rande der großen Gebirge oder in Gebieten geologischer Einbrüche: nicht weniger als 17 der Seen, darunter mit Ausnahme des Genfer Sees alle zwölf Seen über 300 *m* Tiefe, sind Kryptodepressionen, d. h. ihre Sohle reicht unter den Meeresspiegel. Einige der tiefsten norwegischen und schottischen Seen liegen mit ihrem Spiegel nur wenige

---

[1]) Zeitschr. d. Ges. f Erdkunde in Berlin 1904. Nr. 2 u. 3.

Meter über dem Meeresspiegel, und ein nur geringes Steigen des Meeres würde sie gerade so zu Fjorden machen, wie ein Sinken des Meeres viele Fjorde in Binnenseen umwandeln würde. So gering aber auch vom rein morphologischen Standpunkte aus der Unterschied zwischen manchen Fjordseen und eigentlichen Fjorden sein mag, so groß ist er vom seenkundlichen Gesichtspunkte aus, der die Seen als geschlossene Mikrokosmen auffaßt. Es erscheint mir daher nicht angängig, diese Fjordseen aus einer Zusammenstellung aller Binnenseen willkürlich auszuscheiden, wie dies hier und da wohl versucht worden ist. Von den eigentlichen Hochseen scheint der in 1968 *m* Meereshöhe in den Pyrenäen gelegene Lac Bleu mit 120.7 *m* Maximaltiefe der tiefste zu sein; doch ist es nicht ganz ausgeschlossen, wenn auch nicht gerade wahrscheinlich, daß es im skandinavischen Gebirge noch tiefere Hochseen gibt. — In Deutschland erreichen außer dem Bodensee nur noch der Walchensee, der Königssee und der Starnberger See eine Tiefe von mehr als 100 *m*; in Norddeutschland ist der Dratzigsee in Pommern mit 83 *m*, in Westdeutschland das Pulvermaar mit 76 *m* der tiefste See, beachtenswert ist der 50 *m* tiefe, ganz isoliert gelegene Arendsee in der Altmark und die Bernshäuser Kutte, ein kleines Einsturzbecken in der Rhön, mit 47 *m* Tiefe. Naturgemäß sind unsere Kenntnisse von dem Rauminhalte und der davon abgeleiteten mittlern Tiefe der Seen noch weit geringer als von der größten Tiefe. Wir kennen heute elf Seen in Europa, deren mittlere Tiefe größer als 100 *m* ist, an ihrer Spitze stehen der Brienzer See und der Lago Maggiore; doch dürfen wir nicht vergessen, daß die Topographie der norwegischen und schottischen Seen noch nicht genügend bekannt ist. Dem Rauminhalte nach steht, soweit unsere heutige Kenntnis reicht, der Onegasee mit 300.8 *ckm* voran, ihm folgt der Vänern mit rund 180 *ckm*, dem im weitern Abstande der Genfer See mit 90 und der Vättern mit 72 *ckm* folgen; von 13 Seen ist bekannt, daß ihr Kubikinhalt 10 *ckm* und mehr beträgt. Einen Inahlt von über 1 *ckm* besitzen in Deutschland der Bodensee (48.44 *ckm*) und in sehr weitem Abstande davon der Starnberger See, der Chiemsee, der Ammersee, der Walchensee und der Seenkomplex Mauersee in Ostpreußen; von den noch nicht genau ausgeloteten deutschen Seen ist möglicherweise noch die Müritz in Mecklenburg hierher zu rechnen. Den größten Umfang scheint nach dem Onegasee der inselreiche und zerklüftete Mälaren zu haben (900 *km*), dem der Vänern mit 780 *km* folgt; daran schließt sich der Bodensee an mit 285 *km* usw. Der Mälaren ragt auch durch seine enorme Umfangsentwicklung (7.5) unter allen größern europäischen Seen hervor. An der Spitze der steil geböschten Seen über 1 *qkm* Größe steht unser Königssee mit 20.5° mittlerer Böschung, ihm folgen Loch Katrine mit 17.0°, der Achensee und der Luganer See; von den 16 Seen, welche hier in Betracht kommen, ist der Lago Maggiore der größte mit 10.0°, ihm folgen in weitem Abstande der Luganer See mit 14.8° und der Brienzer

See mit 12.0°; von den übrigen Seen erreicht keiner 20 *qkm*. Von den Seen zwischen 30 und 100 *ha* Areal ist der Lac Caioullas in den Pyrenäen mit 23.2° der steilste; fünf Seen sind vulkanischen Ursprunges, zwei sind Karstseen, die übrigen sämtlich Hochseen. Unter den noch kleinern Seen steht die schon erwähnte Bernshäuser Kutte mit 34.5°, dem der kleine Seebachsee im Obersulzbachtal mit 31.3° folgt, an der Spitze. Mit einer Ausnahme sind alle diese Seen vulkanischen Ursprunges oder Karstseen oder Hochseen oder Einsturzbecken. Nur der Dampensee in Hinterpommern gehört keiner dieser Kategorien an; er ist wie noch manche andere kleinere pommersche Seen, deren mittlere Böschung 10° übersteigt, wahrscheinlich ein durch Evorsion entstandener See. Von den tiefen Alpenseen besitzen mehrere, wie z. B. der Genfer See, der Bodensee, der Gardasee, der Iseosee, eine nur mäßige mittlere Böschung, die bei keinem der genannten Seen 7½° überschreitet. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß unter sonst gleichen topographischen Voraussetzungen aus der Berechnungsart der mittlern Böschung folgt, daß sie bei kleinen Seen stärker wachsen muß als bei größern, und daß, da die Umfangsentwicklung auf ihre Größe einen entscheidenden Einfluß ausübt, der Maßstab der Karte, auf welcher die Berechnungen fußen, sehr wesentlich mitspricht."

Aus dem Detail seiner Angaben stellt Dr. Halbfaß einige Resultate tabellarisch zusammen, die hier wiedergegeben werden.

Tabelle 1.

Name des Sees	Tiefe in m	Name des Sees	Tiefe in m	Name des Sees	Tiefe in m
Hornindalsvatn .	486	Genfer See . .	310	Iseosee , . . .	251
Mjosen	452	Lundevatn . .	310	Totak	250
Salvatn . . .	445	Storsjo i Rendalen	301	Rosvatn . . .	250
Tinnsjo	438	Luganer See . .	288	Loch Nefs . . .	238
Comer See . .	410	Ochridasee . .	286	Hornafvatn . .	221
Lago Maggiore .	372	Tyrifjorden . .	281	Thuner See . .	217
Gardasee . . .	346	Breimsvatn . .	273	Bygdin	215
Loch Morar . .	329	Brienzer See . .	259	Vierwaldstätt. See	214
Vandvatn Övre .	327	Bodensee . . .	252	Bandakvatn . .	211

Tabelle 2.

Name des Sees	Mittlere Tiefe in m	Name des Sees	Mittlere Tiefe in m	Name des Sees	Mittlere Tiefe in m
Brienzer See . .	176	Ochridasee . .	146	Iseosee	123
Lago Maggiore .	175	Gardasee . . .	136	Vierwaldstätter See	104
Comer See . .	156 (?)	Vandvatn . . .	133		
Genfer See . .	154	Luganer See . .	130	Walensee . . .	102

Tabelle 3.

Name des Sees	Volumen in ckm	Name des Sees	Volumen in ckm	Name des Sees	Volumen in ckm
Onegasee . . .	300.8	Thuner See . .	6.5	Ostrovosee . .	1.95
Vänern	180 (?)	Prespasee . . .	5.307	Plattensee . .	1.862
Genfer See . .	89.99	Brienzer See . .	5.17	Ammer See . .	1.74
Vättern . . .	72 (?)	Wojimsjö . . .	5	Scutarisee . .	1.70
Gardasee . . .	50.346	Malgomaj . . .	5	Loch Tay . . .	1.645
Bodensee . . .	48.44	Lago di Bracciano	4.95	Vandvatn . . .	1.534
Ochridasee . .	39.4	Attersee . . .	3.934	Unterer Lough	1.46
Lago Maggiore .	37.1	Züricher See . .	3.9	Erne	
Lago di Como .	22.5(?)	Lough Neagh .	3.8	Lough Corhib .	1.4
Hornafvan . .	22	Lac du Bourget .	3.62	Walchensee . .	1.357
Neuenburger See	14.17	Zuger See . . .	3.21	Lough Mask . .	1.3
Vierwaldstätter		Starnberger See .	3.034	Ortasee	1.293
See	11.82	Loch Lomond .	2.9	Millstätter See .	1.228
Mälaren . . .	10 (?)	Loch Awe . . .	2.75	Mauersee . .	1.15
Lago di Bolsena .	8.922	Walensee . . .	2.49	Seeliger See . .	1.141
Lago d'Iseo . .	7.6	Gmudener See .	2.302	Lac d' Annecy .	1.23
Storuman . . .	7.2	Chiemsee . . .	2.204	Lough Derg . .	1.1
Luganer See . .	6.56	Peipussee . . .	2.075	Loch Ericht . .	1.075

Tabelle 4.

Name des Sees	Umfang km	Name des Sees	Umfang km	Name des Sees	Umfang km
Mälaren . . .	900	Lago Maggiore .	170	Lough Neagh .	130
Vänern	780	Skutarisee . .	162	Vierwaldstätter	
Bodensee . . .	284.5	Gardasee . . .	162	See , . . .	110
Vättern. . . .	280	Lough Corhib .	153	Unterer Lough	
Genfer See . .	175.4	Loch Awe . . .	140	Erne	110
Oberer Lough Erne	175	Lough Ree . .	136	Prespasee . . .	104

Tabelle 5.

Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm	Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm
			a. Über 1 *qkm* Größe.		
Königssee	20.5	5.17	Hallstätter See . . .	11.9	8.22
Loch Katrine . . .	17.0	12.38	Poschiavosee . . .	11.7	1.96
Achensee	14.8	7.34	Millstätter See . . .	11.7	13.25
Luganer See	14.8	50.46	Lüner See	11.4	1.48
Molvenosee . . .	13.2	3.27	Wastwater.	11.3	2.91
Plansee	13.1	3.40	Lago di Mergozzo . .	10.6	1.83
Brienzer See	12.0	29.78	Lago Maggiore . . .	10.0	212.16
Loch Ericht	11.9	18.67	Heiterwangsee . . .	10.0	1.4

Tabelle 5.

Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm	Name des Sees	Mittlere Böschung °	Areal qkm
		b. Größe zwischen 30 *ha* und 1 *qkm*.			
		ha			
Lac Caïoullas	23.2	39.9	Lac d'Issarlès	17.2	92
Lac de la Girotte	22.1	57	Kozjak	16.6	79
Lac Pavin	20.5	44	Vorderer Gosausee	15.5	53
Toplitzsee	20.0	54	Rybi Staw	14.8	31
Wielki Staw	20.0	33	Prosoesee	14.1	63
Lac d'Oo	19.5	38	Lac Orédon	14.0	43.2
Pulvermaar	18.2	35	Lac Chauvet	12.2	53
Lac Tazanat	17.5	34.6	Schwarzer See in Salzburg	12	48
		c. Seen von 30 *ha* Fläche abwärts			
		ha			
Bernhäuser Kutte	34.5	3.5	Feldsee	16.3	9.8
Kl. Seebachsee in Ober-Sulzbachtal	31.3	0.44	Schwarzer See (Vogesen)	16.2	12.2
			Czarny Staw	16.0	16.9
Buchensee	24.0	0.1	Zadny Staw	16.0	5.6
Osredalk	23.2	0.6	Schurmsee	15-6	1.6
Milanovac	22.5	3.6	Unterer Wildgerlossee	15.5	10.45
Meerauge	22.4	18.4	Wildkarsee i. Wilgerlotal	15.4	1.3
Schönsee	22.0	1.8			
Ulmener Maar	21.4	5.35	Bokkarsee	15.3	2.62
Vorderer Lahngangsee	21.0	19.4	Przdny-Staw.	15.3	7
Weinfelder Maar	18.9	16.8	Weißer See (Vogesen)	15.0	28
Gemündener Maar	18.2	7.2	Seeloch bei Wechsungen	15.0	1.95
Kalugjerovac	18.2	1.8	Gr. Koppenteich	15.0	6.5
Seekarsee in Krimmler Achental	17.6	4.2	Lac Godivelle d'en haut	14.6	14.8
			Dampensee	14.5	7
Foißkarsee	17.6	1.17	Jüssee	14.4	7.4
Krottensee	17.5	9	Seelisberger See	14.4	18.3
Czarny Staw (5 Seen)	17.0	10.7	Hutzenbacher See	14.3	2.6
Kago di Mar	16.7	4.5	Lac de Gaube	14.3	17
Lileiner See Plitvice	16.5	1.2	Teufelssee (Böhmer-Wald)	14.2	9.7
Cginovac	16.5	4.8			

Die Farbe der Seen behandelte Frhr. O. von und zu Aufseß.[1]) Auf Grund zahlreicher experimenteller Versuche im Laboratorium und auf einer Anzahl Seen Oberbayerns und des Böhmer Waldes, kommt Verfasser zu der Überzeugung, daß die Farbe eines jeden Sees wie auch jeden andern Gewässers keineswegs als Farbe trüber, im Wasser befindlicher Medien, sondern als eine Eigenfarbe aufzufassen sei, die ihre Ursache zunächst in der Eigenfarbe des reinen Wassers (blau) habe, dann aber wesentlich modifiziert werde durch den chemischen Gehalt des Wassers, der natürlich von dem geologischen Charakter der nähern und weitern Umgebung abhängt. Auf diesem

[1]) Dissert. München 1903. Ref. von Halbfaß in Globus 85. p. 295.

Resultate fußend, verwirft Verfasser die bekannte Forel-Ulesche Farbenskala und teilt die Seen in bezug auf ihre Eigenfarbe in vier Gruppen: 1. Blaue Seen (Typus Achensee). 2. grüne Seen (Blau wird schwach absorbiert, Typus Walchensee), 3. gelblichgrüne Seen (Blau wird stark absorbiert, Typus Kochelsee) und 4. gelbe oder braune Seen (Blau wird vollständig absorbiert, Typus Staffelsee). Diese Unterschiede können meist schon mit bloßem Auge, völlig sicher aber mit Hilfe eies Taschenspektroskops oder einer Haidingerschen Lupe konstatiert werden..

Der Okullsee im südlichen Ostpreußen ist von Dr. G. Braun geographisch beschrieben worden. [1]) Er bildet mit einigen kleinen Seen ein Gruppe und ist nebst dem dazu gehörigen Kortsee vom Verf. 1902 ausgelotet worden. Die größte Tiefe beträgt 35 *m* und findet sich ziemlich in der Mitte. Die Gruppe des Okullsees stellt in Terrain und Beckengestalt der Seen den Typus der Grundmoränenseen in sehr reiner Ausbildung dar und kann als Muster dieser Landschaftsform dienen.

Seiches im Chiemsee. Vom 4. April 1902 bis 15. Februar 1903 sind an zwei Punkten (im Westen und Norden) des Sees mit Sarasinschen Limnometern anhaltend und an zehn andern Punkten mit transportablen Limnographen, Aufzeichnungen über die Schwankungen des Wasserstandes erhalten worden. A. Endrös hat dieselben untersucht [2]) und findet, daß am Chiemsee die Existenz von zwölf verschiedenen Schwankungsperioden und die ungefähre Lage ihrer Schwingungsknoten nachweisbar ist. Schon die bloße Aufzählung dieser verschiedenen Schwingungstypen zeigt, wie ungemein kompliziert die Bewegungen dieser Wasseransammlung sind, und daß es selbstverständlich nicht möglich ist, bei der höchst unregelmäßigen Gestalt des Sees zu einer vollkommenen Analyse der Erscheinungen zu gelangen. Die Beobachtungen geben zunächst eine vorläufige Orientierung über die verschiedenen sich hier komplizierenden Seiches, die im einzelnen durch weitere Beobachtungen noch werden amendiert werden können. Außer der Existenz dieser periodischen Schwankungen war von besonderm Interesse der Nachweis, daß der See, auch wenn er mit einer 30 *cm* dicken Eisschicht bedeckt war, Schwankungsbewegungen zeigte, und daß sie vorzugsweise durch plötzliche Änderungen des Luftdruckes hervorgerufen werden, während der Wind an sich fast gar keinen Einfluß ausübte.

Über stehende Seespiegelschwankungen (Seiches) verbreitete sich Prof. Dr. W. Halbfaß [3]) und gibt dabei die nachfolgende tabellarische

[1]) Petermanns Mitteil. 1903. p. 265.
[2]) Seeschwankungen (Seiches), beobachtet am Chiemsee, Traunstein 1903. Dissert.
[3]) Naturwiss. Wochenschr. 1904. p. 881.

Zusammenstellung derjenigen Seen, bei welchen Seiches bisher nachgewiesen wurden, sowie nähere Daten über die letztern.

Name des Sees	Areal qkm	Volumen Mill.-cbm	Dauer der Hauptschw. (in Minuten)	Dauer d. ersten Oberschw. (in Minuten)	Verhältnis beider	Maximum der Amplitude cm
Bodensee	538	48 440	55.8	28.1	1 : 0.50	11.5
Bolsenasee	114.5	8 922	14.75	?	?	über 25
Brienzer See	29.8	5 170	9.8	?	?	
Chiemsee	85	2 204	43.2	28.9	1 : 0.67	30
Eriesee	25 900	?	960 840	?	?	398
Gardasee	370	50 346	43 40	22.6 22	1 : 0.53 1 : 0 55	7
Genfer See	582	90 000	73	35.5	1 : 0.48	197
Desgl. Querseiche	—	—	10	5	1 : 0.5	
Gmundner See	25.65	2 302	11.7	?	?	23.1
Hakoresee	?	?	15.4	6.75	1 : 0.44	
Joux. lac de	9.52	160	12.4	?	?	
Madüsee	36	726	35.6	20.3	1 . 0.57	7
Neß Loch	50	?	31.5	15.3	1 : 0.49	9
Neuenburger See	240	14 170	50	24.3	1 : 0.49	11
Ossensjoen	47	?	18—19	?	?	1.5
Oieren	?	?	30	?	?	12
Pavin, lac	0.44	23	0.9	0.45	1 : 0.45	10
Plattensee (Querseiche der nordöstl. Hälfte)	591	1 826	117	60	1 : 0.51	25
Randsfjorden	136	?	24	?	?	2.8
Silfersee	4.16	143	4.7	?	?	
Storsjoen i Rendalen	51.2	?	13—14	?	?	2.9
Starnberger See	57	3 034	25.0	15.8	1 : 0.59	5
Thuner See	48	6 500	15	7.5	1 : 0.5	
Trieg Loch	?	?	9.5	?	?	1.4
Vierwaldstätter See	114	11 820	44.7	24.4	1 : 0.55	24
Desgl Querseiche	—	—	18.26	9.27	1 : 0.51	17.5
Walensee	23.27	2 490	14.5	?	?	
Züricher See	88	3 900	45.6	23.8	1 : 0.52	

Die Seen des Karstgebietes bilden seit Jahren das Objekt der Untersuchungen und Studien von A. Gavazzi, der auch die meisten Wasserbecken des Karstes in Österreich, Kroatien, Bosnien und der Herzogowina selbst besucht hat. Er unterzog seinen Untersuchungen nicht nur die beständigen Seen, sondern auch jene ringsum geschlossenen Becken, welche sich nur gelegentlich, aber alljährlich als Seen darstellen, sonst aber trocken liegen. Von seiner Arbeit ist nunmehr der erste Teil, welcher das morphologische Material bringt, erschienen.[1]) In demselben behandelt er folgende Seebecken:

[1]) Abhdlg. d. k. k. geogr. Ges. in Wien. 5. 1903—1904. Nr. 2.

1. **Beständige Seen**: A. Süßwasserseen: Doberdob; Čepić; Njivice; Vrana istrian.; Plitvice; Vrana dalmat.; Blidinje; Proložac; Imotski; Roter See; Galjipovac; Bačine. B. Brackwasserseen: Blato (Meleda); Blatina (Meleda); Mor (Veglia); Site (Sebenico); Slatina (Cherso); Prožura (Meleda). C. Salzwasserseen: Muravnjak; Zablaće (Sebenico); Sukošan (Zara); Rogoznica (Sebenico); Slatina (Meleda); Narenta-Seen: Gjuvelek, Desno, Modrooko, Vlaška; Novigrad und Karin; Prokljan.

2. **Periodisch inundierte Becken**: A. Periodische Seen: Zirknitz; Palčje; Peteline; Kukuljanovo; Begovac; Dabar (Kroatien); Konjsko; Kosmačevo; Švica; Schwarzer See; Bokanjac; Nadin; Bitelić; Buško blato; Mostarsko blato; Rastok; Jezerce; Plina; Blato (Curzola). B. Periodisch inundierte Poljen: Račna; Planina; Laas; Rakitnitz; Hrušica; Movraž; Lanišće; Jasenak; Drežnica; Ponikva; Lug; Črnac (Kroatien); Stajnica; Korenica; Krbavica; Palanka; Bilopolje; Bujadnica; Krbava; Podlapac; Lapac; Mutilić; Brezovac; Podrašnica; Gračac; Popina, Crnac (Bosnien); Marinkovci; Glamoč; Livno; Slato; Lukavac; Dabar (Herzegowina); Fatnica; Popovo (Herzegowina); Konavle.

Den einzelnen Darlegungen läßt Gawazzi einige allgemeine Schlüsse über die Hydrographie der periodischen Karstbecken folgen, von denen Nachstehendes das Wesentliche ist.

1. **Bewässerung der Becken**. „Diese erfolgt auf dreifache Weise: durch Flüsse (Bäche), Quellen oder direkte Regenwässer, welche gewöhnlich vereint das Objekt mit Wasser füllen. Je nach der Menge und Stärke nimmt auch der Regen an der Inundation des Beckens teil. Dieser Faktor kommt nur dann mit seiner ganzen Stärke zur Geltung, wenn das Becken schon unter Wasser liegt: der direkte Regen erhöht den Seespiegel.

Abgesehen von der Periodizität sind zwei Gruppen von Quellen zu unterscheiden. Das nach normalem Verlaufe aus der Erde ausgetretene Wasser wird als „Grundwasserquelle“ bezeichnet. In den Karstbecken treten solche Quellen gewöhnlich auf Gehängen auf, sind aber auch weit vom Becken entfernt zu finden. In diesem Falle bildet sich ein Bach, der somit aus einem großen, manchmal auch dem betreffenden Becken ganz fremden Einzugsgebiete Wasser führt (Gračac).

Neben diesen Quellen treten auch solche auf, welche Ausmündungen unterirdischer Kanäle, manchmal auch die Fortsetzung sich verschlundender Bäche oder Flüsse sind, und nur zu bestimmten Jahreszeiten große Wassermassen ausspeien. Eine solche Quelle ist mit dem Namen „Karstwasserquelle“ bezeichnet. Die meisten Karstbecken werden durch solche Speilöcher unter Wasser gesetzt.

Die Flüsse sind nach Cvijić im allgemeinen von geringer Bedeutung für die Inundation und nur wenige Poljen werden durch oberirdische Flüsse überschwemmt,

2. Die **Entwässerung des Beckens** bewirken enge Fugen und Spalten im Gesteine am Rande desselben oder die sogenannten Ponore (Schlundlöcher). Nach der Lage unterscheidet man zwei Typen von Ponoren.

a) Die Sohlenponore liegen inmitten des Bodens und sind entweder offen oder maskiert (gedeckt).

Die offenen Sohlenponore sind trichterförmige Vertiefungen, bei denen die obersten Partien aus alluvialen Bildungen bestehen und die untersten im Gesteine ausgehöhlt sind. Hier hat ihren Anfang die sogenannte Kehle (kroatisch: grlo), welche zu unterirdischen Kanälen führt. Sie verschlucken, wenn gereinigt, bedeutende Wassermengen.

Die gedeckten (maskierten) Sohlenponore sind zweifach. Die einen, früher offene Sohlenponore, werden jetzt von Sand, Schlamm, Geröllen, Blättern überlagert und verstopft, so daß man den eigentlichen Schlund (die Kehle) nicht sieht. Die andern sind trichterförmige Schwemmland-dolinen, mit denen der Poljenboden besät ist; wir können sie als Embryo eines Ponors bezeichnen, der sich langsam bildet.

b) Die Randponore sind Öffnungen im anstehenden Gesteine der Gehänge des Beckens, aber nur in geringer relativer Höhe. Sie stürzen sich entweder steil zur Tiefe ab, und der Fluß schießt als brausender Wasserfall in den Schlund hinab, oder sie stellen flachgeneigte Höhlengänge dar, die man ein gutes Stück verfolgen kann. In diesem letzten Falle kann das eigentliche Schlundloch tief ins Gebirge verlegt werden, was eine Folge der Niederschläge, welche das Gestein lockern, und des Winddruckes (zuweilen auch eines Erdbebens) ist. Die Decke bröckelt sich zuerst am Eingange und dann immer weiter, der Höhlengang öffnet sich nach und nach an den obern Partien; es entsteht dadurch ein kleiner Cañon.

Werden die Ponore verstopft, oder liegen sie nicht an der tiefsten Stelle des Abhanges, sondern etwas höher, so sind ausgedehnte und lang-dauernde Überschwemmungen unvermeidlich.

Alle diese Ponore sind die obern Eingänge von Fugen, Kanälen oder Höhlen, in denen die Gewässer verschwinden, um in einem tiefern Horizonte gelegentlich als starke Quellen wieder ans Tageslicht zu treten.

3. Ein Bindeglied zwischen den Ponoren und den Speilöchern sind die Estavellen, d. i. Öffnungen, welche während der Zeit der starken anhaltenden Regen als Speilöcher, dagegen, wenn der Wasserzufluß aufhört, als Saug-löcher tätig sind. Dieses Naturspiel erklärt Hauer folgendermaßen: Denken wir uns einen unterirdischen Wasserlauf, der unter dem See zieht und an irgend einer Stelle durch einen etwa aufsteigenden Gang mit dem Seebecken kommuniziert. Bei starkem Wasserzuflusse kann das Wasser nicht rasch genug durch den unterirdischen Kanal nach abwärts abfließen; es muß steigen, und die Öffnung wird als Speiloch wirken. Beim Eintritte niedrigen Wasserstandes entleert sich der unterirdische Kanal, und die Öffnung wird als Ponor funktionieren, da jetzt das Wasser durch den abwärts verlaufenden Kanal abfließen kann.

Der Lage nach sind zwei Gruppen von Estavellen zu unterscheiden:

a) Die Sohlenestavellen sind trichterförmige, den offenen Sohlenponoren ähnliche Gebilde. Ihr Durchmesser variiert zwischen etwa 5 *m* bis 30 *m* (die „Brême“ in Franche-Comté).

b) die Randestavellen sind den felsigen Randponoren ähnlich. Von den Estavellen des Zirknitzer Sees gehören die zwei größten, die „Vranja jama“ und die „Suha dolica“ zu diesem Typus; sie liefern den größten Teil des Wassers, welches das Becken füllt.

4. Die periodische Seebildung in den Karstbecken ist ein Produkt vieler Faktoren, welche keinen beständigen Charakter zeigen. In niederschlagsreichen Jahren liegen die Karstbecken längere Zeit ununterbrochen oder mehrmals im Jahre unter Wasser. Solche Verhältnisse herrschen bei jenen Becken, bei welchen der Boden innerhalb der Karstwasserschwankung liegt. Dazu tragen sehr viel auch die Ponore bei. Ist ihre Saugfähigkeit infolge der Verstopfung klein, so staut sich das Wasser auch in minder niederschlagsreichen Jahren auf, und der See dauert ungewöhnlich lang. Dasselbe ereignet sich, wenn die Hauptponore über der Bodenfläche des Beckens

liegen: sie verschlucken das Wasser erst, nachdem sie von diesem selbst erreicht werden.

Die regelmäßige jährliche Inundation ist an die regenreiche Jahreszeit oder an eine plötzliche Schneeschmelze und ihre Dauer an die Regenmenge, beziehungsweise Dichtigkeit, sowie an die Saugfähigkeit der Ponore gebunden.“

Die wissenschaftliche Untersuchung der schottischen Seen seitens der unter Oberleitung von Sir John Murray stehenden Kommission ist im Jahre 1903 vollendet worden, nachdem sie auch auf die äußern Hebriden, die Orkney- und Shetlandsinseln ausgedehnt wurde. Dr. Halbfaß gibt eine kurze Übersicht der Hauptergebnisse dieser Arbeiten, der folgendes entnommen ist.[1]) Sämtliche behandelten Seen liegen nach der geologischen Aufnahme von Peach und Horne in einem Gebiete, das einst vollständig vergletschert war. Die meisten von ihnen, und namentlich die kleinern und schmälern, sind als Moränenstauseen anzusprechen; einige der größern, so namentlich die Lochs Ericht, Laidon, Garry und Lyon, liegen längs Verwerfungsspalten, sind also überwiegend tektonischen Ursprunges. Loch Rannoch, Loch Tummel, Loch Earn, Loch Jubhair und Loch Dochart, vielleicht auch Loch Tay werden als Felsbecken aufgefaßt, die durch die Tätigkeit des Eises erodiert wurden. Loch Tay bildet ein vollkommen einheitliches Becken mit der größten Tiefe in der Mitte; im Loch Rannoch finden sich im östlichen Teile drei voneinander getrennte Vertiefungen, das westliche Ende ist in allmählicher Verlandung begriffen; Loch Earn, Loch Lintrathen und Loch Freuchie sind gleichfalls einheitliche Becken, während der Boden der übrigen größern Seen aus mehrern Becken besteht.

Auch die Seen im Assyntdistrikte in Sutherlandshire sind nach Ansicht der Landesgeologen Peach und Horne sämtlich durch Eiserosion entstandene Felsbecken. Der größte und tiefste der untersuchten Seen ist Loch Tay, in 106.5 *m* Meereshöhe mit einem Areale von 26.39 *qkm*, 155 *m* größter Tiefe und einem Volumen von 1 606 000 000 *cbm*.

Der Balkaschsee ist während des Jahres 1903 von einer russischen wissenschaftlichen Expedition erforscht und von der turkestanischen Militärverwaltung neu aufgenommen worden. Über die Ergebnisse liegen erst vorläufige Mitteilungen von A. Woeikow vor.[2]) Hiernach sind die frühern Karten in vielen Punkten ungenau, besonders fehlen darauf die fjordartigen Buchten im Westen des Sees. Dessen Länge beträgt etwa 690 *km*, seine Breite 60 bis 85 *km*. Die Fauna hat Ähnlichkeit mit der des Lob-nor, nicht aber mit der aralo-kaspischen. Merkwürdig ist, daß dieser abflußlose, in sehr trockenem Klima gelegene See eine Süßwassersee ist. Seine größte Tiefe beträgt nur

---

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. Literaturber. p. 102.

[2]) Petermanns Mitteil. 1903. p. 285.

11 *m*, das Wasser ist trüb, und der Boden sehr eben. Die Wassertemperatur am Boden und an der Oberfläche ist nur sehr wenig verschieden; von Ende Juli bis Anfang September war sie 18 bis 25°. Das Wasser ist im Steigen begriffen, nach Aussagen der Kirgisen seit wenigstens zehn Jahren. Ein Teil des Fahrweges, welcher am Westufer vorbeigeht, ist überschwemmt. An vielen Orten stand Populus diversifolia im Wasser, und zwar Ende des Sommers. Überhaupt mehren sich die Nachrichten über die Zunahme des Wassers in Seen eines großen Teiles Asiens. Zu den frühern von Berg und Ignatow gebrachten Nachrichten über das Steigen des Aral und vieler Seen der Kirgisensteppe gesellt sich jetzt der Balkasch und Issykkul (letzterer in den letzten drei Jahren); es kommen auch Nachrichten über die Zunahme der Gletscher in Turkestan.

Der Kossogolsee ist von Peretoltschin untersucht worden, und Woeikow gibt von der Publikation dieses Forschers einen kurzen Auszug.[1]) Hiernach besitzt der See eine größte Länge von 133 und eine größte Breite von 33½ *km*; seine mittlere Tiefe beträgt etwa 150 und seine Seehöhe 1668 *m*. Der Ausfluß des Sees ist der Fluß Eg. Der See gefriert Anfang Dezember und wird erst Ende Juni eisfrei. Sein Wasser ist sehr klar.

Seiches in japanischen Seen. Solche sind jetzt im 60 *km* langen Biwasee und im Hakonesee nachgewiesen.[2]) Als Beobachtungsinstrumente dienten ein Sarasinsches Limnometer und ein von den Forschern selbst konstruiertes einfacherer Natur. Am Biwasee ergaben sich in bezug auf die Dauer der Schwingungen ganz außerordentlich große Abweichungen, sie bewegten sich nämlich zwischen 231.06 und 4.50 Minuten. Die Ursache davon ist zum Teile in der Aufstellung an verschiedenen Orten des ziemlich unregelmäßig gestalteten Sees zu suchen. Aus der in Otsu, am Südende des Sees beobachteten größten Schwingungsdauer würde sich in ihrer Längserstreckung eine mittlere Tiefe des Sees von nur 7.5 *m* ergeben. Am Hakonesee ergab sich 15.4 Minuten als mittlere längste Schwingungsdauer zwischen Hakone und Hyakkan, welche mit der aus der Länge des Sees und seiner mittlern Tiefe (24.6 *m*) theoretisch berechneten recht gut übereinstimmt. Neben dieser Uninodalschwingung konnte noch eine als Binodalschwingung anzusprechende Schwingung von rund 6.75 Minuten konstatiert werden.

Den Tsadesee und seine Veränderungen besprach Dr. S. Passarge.[3]) Der Karte und Darstellung Destenaves zufolge, weist der Tsade

---

[1]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 152.
[2]) Globus 85. p. 68.
[3]) Petermanns Mitteil. 1904. p. 210.

folgende Verhältnisse auf. Er stellt ein Dreieck vor mit einer Basis von 170 *km* Länge und einer Höhe von 180 *km*. Der Flächeninhalt ist rund 20 000 *qkm*. Der westliche Teil des Sees ist rund 10 bis 12 *m* tief und inselfrei. Die Flutschwelle beträgt 1.20 *m*. Der See ist in beständigem Vordringen gegen W begriffen und verschlingt dort Land. Im O sind die Verhältnisse durchaus andere. Dort vermittelt eine Zone von langgestreckten schmalen Inseln, die durch lange schmale, untereinander vielfach kommunizierende Kanäle getrennt werden, den Übergang zum Lande. Die Längsachsen der Inseln und Kanäle sind alle einander parallel angeordnet und streichen von NNW nach SSO. Die Tiefe der Kanäle schwankt zwischen 1.50 und 6 *m*. Die Inseln sind flache, eben aufragende Sand- und Schlammbänke bis 15 bis 20 *m* hohe bewaldete Inseln. Die erstern liegen in der Nähe der freien Wasserfläche des Sees im W, die hohen im O nach dem Lande zu.

Der Übergang vom See zum Lande vollzieht sich in folgender Weise. Die Kanäle, welche die Inseln trennen, greifen tief in das Land hinein, durchfurchen das Plateau, werden, je weiter vom See entfernt, um so mehr abgeschnürt und in isolierte Becken zerlegt. Während die Lagunen anfangs noch mit dem See dauernd kommunizieren und süßes Wasser haben, werden die abgeschnürten Partien nur noch zur Flutzeit und schließlich gar nicht mehr gefüllt. In den sich abschnürenden Partien entwickeln sich infolge der beständigen Salzzufuhr mit dem Flutwasser und Verdunsten des Wassers während der Trockenzeit Natronseen, ähnlich dem Karabugas des Kaspischen Meeres. Foureau zog mit seiner Expedition durch das Übergangsgebiet zwischen den bereits abgeschnürten Natronseen und den Kanälen hin, die mit dem Tsade noch in Verbindung stehen. Als er nach O abbog und in das sandige Plateau vordrang, fand er dasselbe geradezu durchlöchert von Kesseln und von gestreckten geschlossenen Tälern mit Natronseen. Dieses Gebiet liegt aber sehr nahe den von Nachtigal besuchten Natrontälern südlich von Lilloa. Letztere dürften also durchaus den gleichen Charakter haben wie die in der Nähe des Tsade, die sicher aus den Kanälen der Inselwelt hervorgegangen sind.

Während der See nach W vordringt, verlandet er auf der Ostseite immer mehr. Die Kanäle werden abgeschnürt, die Inseln treten mit dem Lande in Verbindung, neue Sandbänke treten auf, die zu Inseln werden. So geht der Prozeß unaufhörlich vor sich. Auf der Südostseite soll der See in den letzten zehn Jahren um 1 *km* zurückgewichen sein. Die Verlandung äußert sich auch darin, daß der Bahr el Ghasal, einst dauernd ein breiter Ausfluß aus dem Tsade nach der Landschaft Bodele, aufgehört hat zu fließen. Nur vorübergehend wird er noch mit Wasser gefüllt, so z. B. im Jahre 1870 auf 50 bis 60 *km* hin. Er beginnt am Tsade mit einer von Inseln erfüllten Bucht. Nachtigal nahm bereits an, daß er von den Alluvionen des Schari

abgedämmt werde, und daß deshalb der Tsade, seines Ausflusses beraubt, jetzt nach W vordringe. Das Wasser des Tsade ist nach den Berichten der ältern Reisenden (Barth, Vogel, Nachtigal) völlig süß, Destenave aber fand, daß es während des Tiefstandes doch etwas salzig sei. Der Widerspruch dürfte erklärlich sein. Dem Bahr el Ghasal verdankte der Tsade die süße Beschaffenheit seines Wassers. Seitdem dieser Ausfluß aufgehört hat, dauernd zu fließen, beginnt der Salzgehalt zu steigen und sich dem Geschmacke während der Trockenzeit bemerkbar zu machen.

Die Ähnlichkeit zwischen den Enneris (d. h. geschlossene Täler und Mulden) von Kanem und den Kanälen mit den Natronseen, die aus der Inselwelt des Tsade hervorgehen, ist so groß, daß man sich wohl kaum der Ansicht wird verschließen können, daß die Täler Kanems ursprünglich Kanäle in der Inselwelt des Tsade gewesen sind. Bei Betrachtung der Insel- und Talbildung sind nach Passarge zwei Erscheinungen zu erklären, einmal das Vordringen des Tsade gegen W, sodann die Verlandung und Inselbildung im O. Die gewaltige Hochflut des Schari, der in seinem Unterlaufe 1000 *m* breit und sehr tief ist, schlägt im See, entsprechend der Richtung eines der Hauptarme, eine nordwestliche Richtung ein, d. h. verursacht einen Strom, der gegen das Westufer anstößt, hier erodierend wirkt und den weichen tonigen Alluvialboden mitreißt. Daher ist das Wasser in dieser Region gelb und schlammig. Die Strömung geht anscheinend um das Nordende herum, streicht, von dem Komadugu Joobe unterstützt, an der Nordseite entlang und erreicht die Ostseite. Hier setzt sich das mitgeführte Sediment ab, das Wasser wird klar. Daher ist der See hier flach geworden.

Der Absatz von Sedimenten im O dürfte auch dadurch gefördert werden, daß der Ostarm des Schari, nach Destenaves Karte, eine nördliche Richtung hat, sein Wasser also mit obigem Strome an der Ostküste zusammentreffen und eine Stauung hervorrufen muß.

Für das Vordringen des Sees nach W macht Barth Landsenkungen verantwortlich, die durch Nachgeben der unter den oberflächlichen Bodenschichten befindlichen mächtigen Kalkbank entstanden sein sollen. Diese Kalkbank für Landsenkungen verantwortlich zu machen, hält Passarge mit Recht für gewagt. Er möchte vermuten, daß, abgesehen von der Erosion, die wohl durch den nach NW gerichteten Hauptarm des Schari ausgeübt wird, auch der starke und meist stürmische Nordostpassat eine wichtige Rolle spielt.

Dieser starke Nordostpassat dürfte nach Passarge auch bei der Verlandung der Ostseite eine sehr wichtige Rolle spielen. Er kommt aus der Sahara, und man darf daher annehmen, daß er aus der Wüste bedeutende Staub- und Sandmassen mitführt, über das Steppenland Kanem ausbreitet und zum Teile auch durch dieses relativ vegetationsarme Land hindurch führt bis zum Tsade. Auf den bewaldeten Inseln, in den Kanälen werden dann Sand und Staub definitiv fest-

gehalten. Daß diese Sandzufuhr tatsächlich stattfindet, geht daraus hervor, daß die Inseln ebenso wie das Plateau von Kanem aus Sand bestehen, nicht aber aus dem Alluvialschlamme des Tsade. Wir dürfen also annehmen, daß durch äolische Zufuhr die Inseln beständig erhöht und die Ostseite des Sees durch eingewehten Sand und eingeschwemmten Schlamm ausgefüllt wird. Dadurch wird das Wasser aber auch aus der Ostseite des Sees verdrängt und dringt nach W hin vor — ein neuer Grund für das Vordringen des Sees in dieser Richtung. Die geringe Tiefe des Sees im O und die Zunahme derselben nach W hin spricht ferner für die Richtigkeit der Annahme, daß die Ostseite des Sees ausgefüllt, die Westseite aber vertieft wird.

Der Schirwasee in Afrika, ist seit einigen Jahren völlig verschwunden. Was von der frühern Insel Mchisi aus noch zu erblicken ist, ist ein Sumpf an dem ehemaligen westlichen Seeufer und einige seichte Lachen an den Flußmündungen. Die Kanus, mit welchen die Eingeborenen seit undenklichen Zeiten den See befuhren, liegen auf dem ausgetrockneten Schlamme, indessen man zu Fuß nach Tongwe, der kleinen bewohnten Insel, gelangt. Der Schlamm ist stellenweise noch weich; aber an der Oberfläche ist er ganz hart, mit welkem Grase bedeckt, das oft in Flammen aufgeht. Ein kleiner Brunnen in der Nähe der Missionsschule auf der Insel versorgt die Eingeborenen in der Umgebung mit gutem Wasser, obgleich das Seewasser brackig ist oder war. Wegen anhaltender Dürre wächst auf der Insel nur spärliches Futter, weshalb viele Bewohner nach dem Zombadistrikte auswandern. [1])

Der Eyresee in Australien ist von Prof. Gregory untersucht worden. [2]) Demgemäß hatte dieser See in einer gewissen Periode der Vergangenheit eine bei weitem größere Ausdehnung als heute und muß einen großen Teil von Süd- und Mittelaustralien bedeckt haben. Heute ist er ein totes Meer ohne Strömung, mit stagnierenden Gewässern und völlig unfruchtbaren Ufern; der Spiegel des Sees liegt jetzt 12 *m* unter der Meeresoberfläche und hat eine Fläche von etwa 10 000 *qkm*. Natürlich ist das Wasser des Sees sehr salzig. Die Wasserabnahme hängt offenbar mit klimatischen Veränderungen zusammen, und Prof. Gregory glaubt, daß ein großer Teil der Oberfläche Australiens in einer nicht sehr entlegenen Zeit erhebliche Veränderungen seiner Bodengestalt erlitten habe.

Die Auftrocknung des großen Salzsees. Hierüber macht A. Erbstein einige Angaben. [3]) Der in 1285 *m* Meereshöhe gelegene

---

[1]) Geogr. Journ. 1903. p. 459. — Geogr. Zeitschr. 1903. p. 702.
[2]) Mouvement Géographique 1903. p. 548. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1903. Nr. 10.
[3]) Umlaufts Rundschau f. Geographie 27. p. 33.

See ist in fortwährender Abnahme begriffen und dürfte in nicht allzu vielen Jahrzehnten völlig auftrocknen. Er zeigt während des Jahres Schwankungen seines Standes; bis zum 1. Juli steigt sein Wasser unregelmäßig um etwa 30 *cm*, dann sinkt es, und zwar um einen größern Betrag. Dies hat sich seit 35 Jahren stets gezeigt, freilich mit Schwankungen. Von Ende 1886 bis Ende 1902 betrug die Abnahme des Wasserstandes 3.51 *m*. Als Ursachen der Wasserabnahme nimmt man an: Verdunstung, Entnahme des Wassers für den Ackerbau und das Vorhandensein eines unterirdischen Abflusses. Hinsichtlich der zuletzt angeführten Ursache ist man allerdings auf bloße Vermutungen angewiesen; man hält es für wahrscheinlich, weil nicht weit vom großen Salzsee andere Seen mit unterirdischen Abflüssen liegen, ferner, weil in Nevada mehrere Flüsse (wie in unserm Karst) plötzlich verschwinden. Vor mehrern Jahren sank im Salzsee ein mit 200 Schafen beladenes Segelschiff, und keines der Schafe ist jemals wieder an die Oberfläche gekommen. Seitdem glauben viele an die Existenz eines verborgenen Ausflusses. Die Theorie einer rapiden Verdunstung steht teilweise im Widerspruche mit jener des unterirdischen Abflusses; denn wenn der See irgend einen Abfluß hat, kann das Wasser nicht so viel Salz enthalten, als es tatsächlich aufweist, wogegen im Falle daß die Verdunstung allein Ursache ist, alle festen Bestandteile des Wassers im Seebecken verbleiben. Es ist natürlich, daß auf jeder großen Wasserfläche Verdunstung stattfindet, die, wenn das Klima so trocken wie in der Gegend des großen Salzsees ist, riesige Dimensionen annehmen wird. Aber das ist auch bei andern großen Gewässern der Fall, ohne zu einer Austrocknung zu führen. Die Annahme, Entnahme des Wassers für landwirtschaftliche Zwecke sei Ursache der Reduzierung des Wasserstandes, hat viel Wahrscheinlichkeit für sich. Als Brigham Young und seine Gefährten im Jahre 1847 im Lande, das heute den Namen Utah führt, erschienen, fanden sie den Boden kulturfähig vor, doch es fehlte überall an Wasser. Farmen wurden errichtet und Bewässerungskanäle, die der große Salzsee speiste, gebaut. Bis zum Jahre 1880 wurde diese Bewässerung in keinem allzu großen Maßstabe getrieben, und der Wasserstand des Sees wies in dieser Zeit nur die gewöhnlichen Schwankungen auf; jedoch nach dem Jahre 1880 wurde zur Berieselung der umliegenden Farmen so viel Wasser entnommen, daß selbst in dem regenreichen Jahre 1886 das Niveau um 3½ Fuß gesunken ist. Im Jahre 1889 wurden auf diese Weise 609 Quadratmeilen Ackerboden bewässert, und man plant jetzt eine neue, viel größere Bewässerungsanlage, nach deren Ausführung das Wasser im See um mehr als 1 Fuß jährlich fallen wird. Außerdem wird schon heute die Bewässerung des ganzen Utahtales von den Zuflüssen des großen Salzsees besorgt. Die größern dieser Flüsse sind der Jordan, der Weber- und der Bärfluß. Der Jordan durchfließt den Utahsee. Außer diesen Wasserläufen werden noch die kleinern Flüsse und Bäche

zur Berieselung herangezogen, in der Weise, daß ihr ganzes Wasser auf die Felder geleitet wird. Es liegt somit die eigentliche Ursache des Austrocknens des Salzsees in der Abschneidung fast aller Zuflüsse, so daß auch große Regenmengen nicht imstande sind, den Abgang zu decken.

Ein heißer See auf Dominica. In einer äußerst öden und schwer zugänglichen Gegend von Dominica befindet sich ein kochender See, der infolge seiner Lage erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit bekannt ist, obschon die Insel nur 750 *qkm* groß ist und schon im 17. Jahrhunderte von den Spaniern kolonisiert wurde. Später nahmen sie die Franzosen sehr energisch in Kultur und von der Mitte des 18. Jahrhunderts an mit ihnen gemeinschaftlich die Holländer. Es mußten also ganz erhebliche Hindernisse bestehen, die es ermöglichten, daß bis vor etwa 30 Jahren noch niemand eine Ahnung von der Existenz dieses merkwürdigen Sees hatte. Im Jahre 1875 wurde eine Expedition zur Erforschung des Innern dieser Insel ausgerüstet und unter Leitung von Dr. Nicholls gestellt. Derselbe berichtet über den von ihm entdeckten See folgendes: „Wir überklommen die mit Schwefel überzogenen Blöcke und kamen zum Gipfel, von wo aus wir ein seltsames Schauspiel hatten. Es hatte den Anschein, als ob wir uns am Rande eines furchtbaren Schlundes befänden, aus dem sich Massen brennenden Rauches und erstickende Dämpfe erhoben. Donnerähnliches Rollen, sowie ein seltsames Stöhnen traf unsere Ohren, und wir atmeten tödliche Gase ein. Die Naturerscheinung war so eigenartig ergreifend und schön, daß mehrere Minuten vergingen, ehe wir uns vom Staunen erholen konnten. Das merkwürdigste war eine Art von Wassermauer, die sich in der Mitte des Kessels zu erheben schien; sie hatte mehrere Fuß Höhe und bewegte sich in einem Kreise von beschränkter Ausdehnung herum. Die Ufer des Sees waren in zahlreiche Stücke zerschnitten, und hier und da zogen sich Landzungen in ihn hinein. Der Abhang war mit einem prächtigen, goldgelben Streifen geziert, der von den Niederschlägen von Schwefel und Wasser herrühren mußte. Die Bewegung des Wassers stieß kleine Wellen auf den Sand, und man konnte aus der Streifung des gelben Bandes schließen, daß der See zu gewissen Zeiten einen höhern Wasserstand gehabt hatte. Wir konnten die Wassermauer in der Mitte nur einige Sekunden wahrnehmen, denn kaum hatte sich der Rauch vom Ufer verzogen, als er durch eine andere Wolke ersetzt wurde. In einer kurzen Entfernung von unserm Standorte fiel ein kleiner Bach in den See, der eine tiefe Furche in die Felsen gewaschen hatte, von denen der See von allen Seiten umgeben war." Nach neuern Untersuchungen befindet sich der See fast 2500 *m* über dem Meeresspiegel und ist von elliptischer Form. Wenn er seinen höchsten Wasserstand aufweist, mißt seine Länge 60 und seine Breite 30 *m*; in einer Entfernung von 10 *m* vom

Ufer wurden an einer Stelle schon 60 *m* gelotet. Wenn das Wasser tief steht, dann bilden die sich in ihn ergießenden Bäche prächtige Katarakte. Das Wasser ist durchaus nicht immer in Bewegung, bisweilen liegt der Seespiegel gänzlich ruhig da; dann ist er wieder aufgeregt, kochend und scheint sich unter lauten Detonationen um eine Achse zu drehen; dabei hebt und senkt sich der Spiegel und bedeckt die umliegenden Felsen mit Schaum. Der kochende See ist der Mittelpunkt eines Vulkanzentrums und auf der Insel einer der letzten Zeugen einer sonst erloschenen vulkanischen Tätigkeit. [1])

Das Laibacher Moor. Der „Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung" ist folgende das Laibacher Moor betreffende neueste Statistik entnommen. Dasselbe liegt in den Katastralgemeinden Stadt Laibach, Bresowitz, Brunndorf, Franzdorf, Iggdorf, Iglack, Lanische, Log, St. Martin, Oberlaibach, Piautzbüchel, Presser, Rudnik, Seedorf, Stein, Strachomer, Tomischel, Verblene und Werd, im Laibachflußgebiete und hat den Charakter teils Nieder-, teils Hochmoores; die Tiefe beträgt in der Mitte 500, am Rande 50 *cm*. Die Gesamtfläche beträgt 15 700 *ha*, wovon 1500 *ha* abgebaut und 800 *ha* kultiviert sind. Als technische Verwertung werden erzeugt: Brenntorf als Stichtorf 130 000, als Streutorf 20 000 und als Torfmull 15 000 Meterzentner. In landwirtschaftlicher Benutzung befinden sich: 300 *ha* durch natürlichen Futterbau, 800 *ha* durch Ackerkultur und 2100 *ha* durch Weidennutzung. Außer Kultur befinden sich 9800 *ha*. Die Hauptabsatzgebiete der gewonnenen Torfprodukte sind Laibach, Wien und Budapest.

Gletscher und Glazialphysik.

Eis- und Gletscherstudien von H. Crammer. Verf. teilt zunächst zahlreiche Beobachtungen über Bildung, Kristallform, Schichtung usw. des Wassereises (See- und Rieseleises) mit und geht dann zu dem Gletschereise über. Die erste Anlage eines jeden Kristalls (Kornes) ist durch ein Schneesternchen oder eine Schneenadel gegeben. Das Wachsen der Kristalle geschieht vor allem durch Überkristallisieren bei Wärme oder Wasserzufuhr, indem die größern Kristalle aus der Nachbarschaft Moleküle an sich reißen und angliedern. In den Firnfeldern bildet sich, je nachdem die einzelnen Schneelagen mehr oder weniger vollständig in Eis verwandelt sind, eine Schichtfolge von weißlichem luftblasenreichern und blauem luftblasenärmern Eise.

[1]) Neues Jahrb. f. Mineralogie etc. 18. Beilageband Heft 1. Ref. von Dr. Ampferer in Verhandl. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1904. p. 99, woraus oben der Text.

Von einer solchen Schicht zur andern findet nun nach den Angaben des Verfassers kein Überkristallisieren statt, weil dasselbe durch Staublagen verhindert wird.

Während im Firngebiete solche Schichtung herrscht, begegnen wir in den tiefern Teilen der Gletscher der sogenannten Blaublätterstruktur, richtiger Blätterstruktur, weil die ganze Eismasse aus blauen und weißlichen Blättern (sehr flachen Linsen) zusammengefügt erscheint.

Auch hier findet kein Überkristallisieren über die Blätterfugen statt. Die Blätter selbst aber stehen in der Bewegungsrichtung des Eises und senkrecht zu der des Druckes, während die Firnschichten im Firnbecken annähernd entsprechend dem Untergrunde angeordnet liegen.

Crammer hat den Zusammenhang der beiden Erscheinungen verfolgt und kommt zu dem Schlusse, daß die Blätterstruktur durch vielfältiges Zusammenfalten, Gleiten und Auswalzen aus den Firnschichten hervorgegangen sei.

Aus den verschiedenen Geschwindigkeiten der einzelnen Lagen des Gletschers folgt, daß er sich nicht durch Rutschen der ganzen Masse am Untergrunde, sondern durch gegenseitige Verschiebung seiner Teilchen bewegt.

Das kann nun nach Ansicht des Verfassers nur dadurch geschehen, daß die Staublagen das Gefüge der Firneismassen lockern und so eine Verschiebung in der Weise ermöglichen, daß die einzelnen Firnlagen als Ganzes im Zuge der Schwere nach abwärts übereinander hingleiten. Auch im geblätterten Eise geht die Gesamtbewegung durch Verschiebungen längs der Blätterflächen vor sich. So bilden die durch Schichtung oder Blätterung gesonderten Firn- und Eislagen gewissermaßen die tektonischen Elemente für den Aufbau und die Bewegung der Gletscher.

Die Abschmelzung der Gletscher im Winter besprach R. v. Lendenfeld.[1]) Er kommt dabei zu folgenden Schlüssen:

1. Die winterliche Gletscherschmelzung wird hauptsächlich durch innere, zum geringen Teile auch durch basale und nahe der Oberfläche stattfindende Abschmelzung zustande gebracht.

2. Die winterliche Abschmelzung beruht hauptsächlich auf der Umsetzung der beim Aufhalten der Fallbewegung des Gletschers frei werdenden Wärme. Die durch diesen Faktor bewirkte Abschmelzung möchte Verfasser auf 90 bis 97% der Gesamtabschmelzung des Gletschers im Winter schätzen. Die Dicke der hierdurch jährlich geschmolzenen Eisschicht ist von der Mächtigkeit des Gletschers abhängig. Diese Abschmelzung ist eine innere.

---

[1]) Globus 1904. 85. p. 377.

3. Die Wirkung der Erdwärme hat an der winterlichen Abschmelzung des Gletschers nur einen geringen Anteil. Verfasser möchte denselben auf 3 bis 6% der Gesamtabschmelzung des Gletschers im Winter schätzen. Die Dicke der hierdurch jährlich geschmolzenen Eisschicht ist konstant (2.5 *mm*). Diese Abschmelzung ist eine basale.

4. Die Langsamkeit der Fortleitung einerseits der Sonnenwärme durch Moränendecken von entsprechender Dicke und anderseits der sommerlichen oberflächlichen Nulltemperatur durch das Eis selbst nach der Tiefe werden ein Abschmelzen des Gletschers im Winter herbeiführen. Die durch diese Faktoren bewirkte Abschmelzung dürfte wohl meistens eine ganz unbedeutende, höchstens auf 1% der Gesamtabschmelzung im Winter anzusetzende sein. Ihre Größe ist von der Moränenbedeckung und der Dauer der Sommerwärme abhängig. Diese Abschmelzung findet nahe der Oberfläche statt.

5. Es ist möglich, daß die winterliche Schneedecke durch den Druck, den sie auf die unter der Schneegrenze befindlichen Teile des Gletschers im Winter ausübt, eine innere Abschmelzung in diesen Gletscherteilen zur Winterszeit herbeiführt. Über die Menge des hierdurch etwa geschmolzenen Eises läßt sich kaum eine Vermutung aussprechen.

Die Eiszeit in den Alpen nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Forschung stellte Prof. Brückner in der Sitzung der naturwissenschaftlichen Hauptgruppe der 76. Verammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Breslau (1904) dar. Er betonte, daß die zu Beginn des 19. Jahrhunderts entstehende Lehre von der Eiszeit allseitiges Interesse erregte, so daß man sich überall mit ihr beschäftigte. Es entstand eine schweizerische, französische, deutsch-österreichische Schule, die jedoch in einer Reihe von Kardinalpunkten zu verschiedenen Ergebnissen kam. Daher erschien es nötig, eine allgemeine Untersuchung anzustellen. Die nächste Veranlassung dazu gab eine Preisaufgabe der Alpenvereinssektion Breslau, an deren Lösung sich auch der Vortragende beteiligte. Der erlangte Preis ermöglichte es, die Untersuchungen, die zuerst auf die Ostalpen beschränkt waren, auf das gesamte Alpengebiet auszudehnen.

Man unterscheidet beim Fernblicke auf die Alpen ganz deutlich drei Zonen, die dunkle Waldregion, die hellere Region der Weidegründe und die Schneeregion. Die Schneegrenze kann nach verschiedenen Methoden bestimmt werden; die geographische Methode stammt von unserm Breslauer Geographen Geheimrat Partsch. Redner zeigte an Tabellen, daß die Schneegrenze nach dem Innern der Alpen ansteigt. Er wies nun nach, daß dieselbe Tatsache auch in der Eiszeit zu beobachten ist, und daß die eiszeitliche Schneegrenze gegen die heutige einen ganz konstanten Abstand, im Mittel 1250 *m*, zeigt. Auch die Waldgrenze weist eine Verschiebung nach abwärts

auf, wie aus den Pflanzenfunden deutlich zu konstatieren ist. Penck hat zuerst in den Ostalpen vier verschiedene Vergletscherungsperioden beobachtet, das gleiche Resultat hat Redner für die Schweiz gefunden, die Reste der beiden ältesten sind jedoch, wie leicht erklärlich, schwer zu erkennen. Bei der vorletzten Eiszeit lag die Schneegrenze noch um 100 bis 150 *m* tiefer als bei der letzten. Die vorletzte Vergletscherung war in den Westalpen größer. Unter allen Gletschern ist die Reaktion auf Einflüsse zur Erhöhung der Schneegrenzen am besten am Rhonegletscher zu studieren, der durch den Jura gestaut ist.

Die Vereisungen wurden unterbrochen durch Interglazialzeiten, aus denen Ablagerungen stammen, unter und über denen man Moränen findet, wie an den Salzburger Seen und einer ganzen Reihe anderer. Auch fand eine gewaltige Verschüttung der Täler statt, wie sie besonders das Tal bei Innsbruck auskleiden. Später nahm von diesem Terrain die Steppe Besitz, in deren Löß sich Reste von Tieren finden, die auf ein kälteres Klima schließen lassen. In den interglazialen Ablagerungen aber finden sich auch Kohlen, die von einer ausgesprochenen Waldvegetation stammen und auf ein warmes, feuchtes Klima deuten. Penck hat nun nachgewiesen, daß diese Kohlenablagerung älter ist als die Ablagerung der Tierreste, so daß auf die erste Vergletscherungszeit eine wärmere Periode folgte, die wieder von einer kühlern abgelöst wurde, und auf die schließlich wieder eine Eiszeit kam. Verschiedene Forscher leugnen, gestützt auf gewisse in Amerika beobachtete Erscheinungen, die Existenz der Interglazialzeit; Brückner wies deren Gründe im einzelnen zurück.

Die Interglazialzeit war also wärmer als unsere gegenwärtige Zeit und war auch keineswegs eine kurze Periode. Penck hat Beobachtungen gemacht, die ihre Dauer zu schätzen gestatten. In der Interglazialzeit wurde das Gebirge um 30 *m* abgetragen. Da man im Reußtale nachweisen kann, daß zur Abtragung von 1 *m* ein Zeitraum von weit mehr als 1000 Jahren nötig war, so ergibt sich daraus, welche Dauer man der Interglazialzeit zuzuschreiben hat. Die Übergänge von der Glazialzeit zur postglazialen Periode haben sich nicht glatt vollzogen, sondern es hat eine Reihe von Oszillationen stattgefunden. Man findet in den Alpen drei verschiedene Moränenzüge hintereinander, sogar bis zu einer Entfernung von 100 *km*. Der Rückzug der Gletscher muß also in drei Etappen oder Stadien vor sich gegangen sein. Jede dieser Rückzugsmoränen ist durch ihre Schneegrenze charakteristisch; die älteste hatte die Schneegrenze 900 *m* tiefer, als sie heute ist, die zweite 600 *m*, die dritte 300 *m*. Diese Erscheinung ist von ganz eminenter Bedeutung, da sie beweist, daß die Depression nicht eine lokale Erscheinung, sondern eine ganz allgemeine Phase ist. Die nähere Untersuchung hat ergeben, daß nicht etwa ein einfacher kontinuierlicher Rückzug der Vergletscherung stattgefunden hat, sondern daß die Gletscher sich weit zurückzogen

und darauf wieder einen Vorstoß machten, ja es ist sogar nicht ausgeschlossen, daß zeitweise die Gletscher ganz verschwunden waren. Während in den Eiszeiten die Depression der Schneegrenze 1250 bis 1450 *m* betrug, erhob sie sich in der Interglazialzeit auf 400 *m* über die Höhe der heutigen. Die Eiszeit charakterisiert sich also als eine Periode gewaltiger Klimaschwankungen.

Die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel bildete den Gegenstand einer zusammenfassenden Darlegung von Prof. J. Cvijic.[1]) Beobachtungen und Studien über die Spuren und Folgen der Eiszeit auf der Balkanhalbinsel beginnen erst mit den Jahren 1896, und in dieser Beziehung sind außer dem Verfasser die Namen von R. Hassert, A. Penck, W. Davis, F. Katzer, Toula und andere zu nennen. Verf. beschreibt neue Spuren der Eiszeit auf der Halbinsel und gibt dann eine allgemeine Charakteristik derselben. Er folgert, daß auf der Balkanhalbinsel dreierlei Gletscher bestanden haben: Kargletscher, Talgletscher und Plateaugletscher.

„Die Kargletscher waren am zahlreichsten vertreten und für die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel besonders charakteristisch; die Mehrzahl der untersuchten Gebirge besaß ausschließlich solche Gletscher. Dies waren zumeist Gletscher mit einer kurzen Gletscherzunge, die nur selten in die Täler herabkamen, dazu bloß in die obern Partien derselben; es gab aber auch Firngletscher darunter. Mit diesen kleinen Gletschern steht das zahlreiche Auftreten und die typische Entwicklung der Kare auf der Rila und dem Pirin im Zusammenhange.

Die Talgletscher waren viel seltener, insbesondere in der östlichen Partie der Halbinsel. Zuerst stellte ich sie auf der Rila fest, nämlich im Tale der Kriva Reka, unterhalb des Riblje und Smrdljivo Jezero, sodann im Tale der Leva Reka; als fast bestimmt kann es gelten, daß sich im Tale des Prav-Iskar und seiner rechten Zuflüsse lange Talgletscher befunden haben. In größerer Anzahl kamen die Talgletscher in den Gebirgen des dinarischen Systemes vor. Ich konnte als solche bezeichnen: den Gletscher der Tisovica auf dem Prenj, den Gletscher des Cabakares auf der Treskavica, einen unter den Gletschern des Volujak, sowie jenen auf dem Bioc, der aus den Urdeni Dolovi weiter floß; solche Gletscher befanden sich auch auf dem Durmitor, dem Orjen, und hierher muß auch der beschriebene Gletscher auf dem Lovcen gezählt werden. Aus den dargelegten Beobachtungen sieht man, daß auch von andern Forschern solche Gletscher angetroffen wurden. Ihre Gletscherzungen können höchstens 6 bis 10 *km* Länge gehabt haben.

Es ist für die Frage über die Intensität der Vergletscherung von Bedeutung, daß jetzt bestimmt behauptet werden kann, daß es auch vergletscherte Hochflächen gegeben hat. Sie sind nur in der westlichen Hälfte der Halbinsel festgestellt worden, und es ist kein Zweifel, daß sie mit der Plastik derselben in ursächlichem Zusammenhange stehen. Ein solches kleines Fjeld stellte die vergletscherte Fläche von 50 bis 60 *qkm* zwischen Bioc, Malgic und Volujak dar, deren Mittelpunkt das heutige Trnovicko oder Volujacko Jezero war. Auch die Jezera unter dem Durmitor scheinen unter einer großen, jedoch dünnern Eisdecke gewesen zu sein. Die Gletscherzungen von Durmitor stiegen auf diese Hochfläche herab und vereinigten sich. Penck hat bewiesen, daß sich auf dem Orjen eine 80 *qkm* große vergletscherte Fläche befunden hat. Das-

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Ges. in Wien **47**. p. 149.

selbe läßt sich nach Grunds Beobachtungen von der Hochfläche der Cvrsnica behaupten, von welcher zahlreiche Gletscherzungen herabkamen. Hassert hat mit großer Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß in dem ausgedehnten Gebiete der Komovi auch ganze Hochflächen vergletschert waren. Durch spätere genauere Untersuchungen werden im dinarischen Systeme, besonders auf den Prokletije, noch mehr solche vergletschert gewesene Hochflächen aufgefunden werden.

Aber selbst von diesen ließen sich die Gletscher hauptsächlich gegen Norden und Nordosten herab, seltener in andern Richtungen. Dies gilt noch mehr von den übrigen Gebirgen, worauf bloß Tal- und Kargletscher bestanden haben. Demnach läßt es sich feststellen, daß die Vergletscherung der Gebirge auf der Balkanhalbinsel einseitig, insbesondere auf ihre nördlichen und nordöstlichen Gehänge beschränkt war."

Verf. gelangt ferner zu dem Ergebnisse, „daß die Höhe der glazialen Schneegrenze auf der Balkanhalbinsel zunahm, emporstieg in der Richtung von Westen nach Osten, von der adriatischen Küste gegen das Innere der Halbinsel und zu seiner östlichen Hälfte hin. Aber auch in dem dinarischen Systeme selbst nimmt die Höhe der glazialen Schneegrenze im allgemeinen in der Richtung von Westen nach Osten zu, wie es auch von Grund angedeutet wurde. Sie liegt am tiefsten in den dinarischen Küstengebirgen und ist hier nahezu gleich, obwohl diese Gebirge unter verschiedener geographischer Breite liegen. Wenn man sodann die Höhe der glazialen Schneegrenze in den Gebirgen des dinarischen Systemes betrachtet, so erhält man folgendes Ergebnis: Ihre Höhe wird in weit größerm Maße von der Küstenlage der Gebirge beeinflußt als von den relativ kleinen Unterschieden in der geographischen Breite derselben.

Die geringe Höhe der glazialen Schneegrenze im Westen der Halbinsel läßt sich nicht durch Senkung der adriatischen Küste seit dem Diluvium bis zur Gegenwart erklären, da diese sowohl während des Diluviums, als auch später unbedeutend war. Alle oben festgestellten Ergebnisse über die Höhe der glazialen Schneegrenze und ihren Lauf erweisen dagegen, daß es im Diluvium bestimmte klimatische Unterschiede zwischen der westlichen Hälfte der Halbinsel und den übrigen Partien gegeben haben müsse, und nur auf solche Unterschiede läßt sich die verschiedene Höhe der glazialen Schneegrenze zurückführen. In der westlichen Partie der Balkanhalbinsel fiel im Diluvium eine größere Menge atmosphärischen Niederschlages herab als im Innern und im Osten; sodann verminderte sich im dinarischen System selbst die Menge des sphärischen Niederschlages von der Küste gegen sein Inneres hin. Was die Verteilung der atmosphärischen Niederschläge betrifft, herrschten also Zustände, die den heutigen ähnlich waren, nur die Menge der Niederschläge war im allgemeinen größer.

In der Eiszeit nahm also auf der Balkanhalbinsel die Menge der atmosphärischen Niederschläge von Westen nach Osten ab. Sodann lassen sich auf Grund der Höhe der glazialen Schneegrenze gewisse Parallelen zwischen dem heutigen Klima eines Teiles von Skandinavien und zwischen dem Klima der Balkanhalbinsel im Diluvium ableiten. Heute beträgt in Norwegen zwischen 60° 30′ und 61° 30′ die Höhe der Schneegrenze gegen 1400 *m*, beinahe ebensoviel bis sie in der Eiszeit auf dem Lovcen, Orjen, Gnjat, Veles und Troglav, also im allgemeinen auf den dinarischen Küstengebirgen zwischen 42° 30′ bis 44° nördl. Br. betragen hatte; wie auf der Balkanhalbinsel während der Eiszeit, so nimmt heute in Norwegen die Höhe der glazialen Schneegrenze, sowie jene klimatischen Elemente, deren Ergebnis sie ist, auf der Balkanhalbinsel zwischen 60° 30′ und 61° 31′ ähnlich waren; es ist aber klar, daß die Balkanvergletscherung nicht von jener Intensität war wie die heutige skandinavische."

Endlich findet Verf. auch, daß die bestimmten Spuren auf zwei Vergletscherungen deuten, mutmaßlich aber drei Vergletscherungen stattgefunden haben.

Über die Eiszeit in den Tropen sprach auf der Breslauer Naturforscherversammlung (1904) Dr. Hans Meyer. Noch 1885 glaubte man, in den Tropen sei nichts von der Eiszeit bemerkbar. In der Tat sind dort die Landstriche mit eiszeitlichen Resten von geringer Ausdehnung und schwer zugänglich; da die Untersuchungen der Gletscher weite Reisen, hohe körperliche Widerstandsfähigkeit und nicht geringe alpinistische Schulung erfordern, so ist es erklärlich, daß bisher nur wenig Beobachtungsmaterial vorliegt. Redner gab eine Übersicht desselben, kritisierte zugleich dessen Bedeutung und ging dann näher auf die von ihm in Ecuador gefundenen Resultate ein. Er fand alte Gletscherspuren 600 bis 800 *m* unter der heutigen Gletschergrenze in ganz typischer Erscheinung, am schönsten am nördlichen Chimborasso und einigen andern Punkten. Es zeigten sich drei Rückzugsphasen, genau so, wie er sie früher am Kilimandscharo nachgewiesen hatte. Für die Zeitbestimmung der Vergletscherung in Ecuador ist wichtig das Alter der Berge selbst, die frühestens auf den Ausgang des Tertiärs zurückgehen, deren Hauptentstehungszeit aber im Diluvium liegt. Da die Vulkane erst geraume Zeit zu ihrer Erkaltung bedurften, ehe sich eine Schneedecke auf ihnen bilden konnte, so ist die Glazialzeit dort in das jüngste Diluvium zu setzen. In analoger Weise wie in andern Gegenden fand er auch in Ecuador eine Fauna und Flora, Relikte einer eingewanderten Lebewelt, die auf große Klimaschwankungen hinweist. Die Eiszeit in den Tropen ist in zwei durch eine Interglazialzeit getrennten Perioden nachgewiesen, von denen die ältere in ihren Wirkungen stärker war als die jüngere. Von der Kulmination der letzten Eiszeit bis zur Gegenwart, in der wie in allen Gletschergebieten der Erde der Rückzug der Gletscher fortdauert, lassen sich drei Phasen verfolgen. Die Grenze der letzten Vergletscherung liegt im allgemeinen 800 bis 1000 *m* tiefer als jetzt, wo die Verhältnisse wie am östlichen Kilimandscharo ungünstig wirken, 600 bis 800 *m*, wo, wie auf dem kegelförmigen Cotopaxi die Bildung der Gletscherzungen minimal ist, 500 bis 600 *m*. — Dieselben Grenzwerte ergeben sich aus der Untersuchung der alten Kare; es läßt sich also eine diluviale Firngrenze von 4200 *m* ableiten. Außerhalb der Tropenzone nimmt die Depression zu. Es findet von den Polen äquatorialwärts eine stetige Abnahme des Depressionswertes statt, aber sie bleibt sowohl für die Eiszeit, wie für die Jetztzeit ziemlich gleich. Das Klima muß demnach sehr gleichmäßig gewesen sein. Als Resultat seiner Studien legte Meyer dar, daß die symmetrische Anordnung der Firngrenze auf dem ganzen Erdballe für die Gleichzeitigkeit aller eiszeitlichen Phänomene zeuge, und daß die Verhältnisse der Eiszeit nichts anderes als eine Steigerung unserer heutigen Gletscherverhältnisse seien, die einer mittlern Temperaturerniedrigung von 3 bis 4° gleichzusetzen sei. Es lasse sich auch nicht abwechselnd eine Eiszeit auf der nördlichen und südlichen Halbkugel annehmen, wie überhaupt nirgends lokale Ursachen, sondern allgemein-

gültige, wahrscheinlich mit kosmischen Vorgängen wie Wärmeschwankungen der Sonne zusammenhängende, anzunehmen wären. Indessen seien die Forschungen noch nicht abgeschlossen, es gelte vor allem, den Kreis der empirischen Erfahrungen zu vermehren.

Die Lufthülle im allgemeinen.

Zusammensetzung der atmosphärischen Luft. Im Verlaufe seiner Untersuchungen über die Bestandteile der atmosphärischen Luft hat H. Henriet die Anwesenheit eines energisch reduzierenden Gases feststellen können, das die Fehlingsche Flüssigkeit zu reduzieren und Jodstärke zu entfärben vermag.

Um es zu isolieren, wurde das neutral reagierende Wasser eines Nebels filtriert und eingedichtet, wobei es sauer wurde und einen Niederschlag von Kalziumsulfat gab, den man abfiltrierte. Die erhaltene orangegelbe Flüssigkeit wurde der Destillation unterworfen und gab neben Ameisensäure einen das Neßlersche Reagens reduzierenden Aldehyd, der durch die bekannten Reaktionen als Formaldehyd erkannt wurde. Seine Gegenwart erklärt die Tatsache, daß Meteorwasser beim Eindampfen sauer wird, denn Formaldehyd wirkt auf die Ammoniumsalze und macht unter Bildung verschiedener stickstoffhaltiger Basen einen Teil der Säure dieser Salze frei. Die sehr starken antiseptischen Wirkungen des Formaldehyds verleihen seinem Vorkommen in der Atmosphäre eine wichtige hygienische Bedeutung für die Reinheit der Luft. Über den Gehalt der Luft an Formaldehyd ergaben die ein ganzes Jahr hindurch zu Montsouris durchgeführten Messungen Werte, die zwischen $^1/_{100\,000}$ und $^5/_{100\,000}$ des Gewichtes der Luft schwankten und der äußern Temperatur proportional waren.

Die Radioaktivität der Atmosphäre untersuchte S. J. Allan,[1]) nachdem er schon früher gemeinsam mit Rutherford gefunden hatte, daß die Größe der von der Luft induzierten Aktivität durch die Witterung so beeinflußt wird, daß ein Maximum bei hellem, kaltem, ein Minimum bei trübem, warmem Wetter beobachtet wird. Seine neuen Untersuchungen führten ihn zu folgenden Ergebnissen: „Die aus der Atmosphäre induzierte Aktivität verhält sich in vielen Beziehungen wie die Radioaktivität von Thorium und Radium. Sie enthält wie diese eine leicht absorbierte α-Strahlung und eine mehr durchdringende β-Strahlung. Die α-Strahlung ist wahrscheinlich verantwortlich für den größern Teil der ausgestrahlten Gesamtenergie, und sie wird in etwa 0.004 *cm* Aluminium und 10 *cm* Luft vollständig absorbiert. Die β-Strahlen werden auf die Hälfte verringert durch 0.007 *cm* Aluminium und vollständig absorbiert. Die

1) Philos. Mag. [6] 7. p. 140. — Naturwiss. Rundschau 19. p. 189.

β-Strahlen werden auf die Hälfte verringert durch 0.007 *cm* Aluminium und vollständig absorbiert durch 0.06 *cm*. Die β-Strahlen bestehen wahrscheinlich aus negativ geladenen Partikeln, ähnlich den Kathodenstrahlen, die mit großer Geschwindigkeit ausgeschleudert werden. Die durch sie erzeugte Ionisation ist zu klein, als daß man prüfen könnte, ob sie im Magnetfelde ablenkbar ist. Die Verschiedenheit in den Schnelligkeiten des Schwindens der unter verschiedenen Bedingungen erhaltenen induzierten Aktivität scheint auf die Tatsache hinzuweisen, daß die Radioaktivität der Atmosphäre sehr zusammengesetzter Art ist.

Die Radioaktivität von Schnee und Regen muß hergeleitet werden von einer radioaktiven Substanz in der Luft, welche der Oberfläche der Schneeflocken oder Regentropfen adhäriert und bei ihrem Fallen niedergebracht wird. Vielleicht könnte man den Unterschied in der Abnahme der Radioaktivität von Schnee und Regen und der an einem Drahte induzierten Aktivität erklären durch die Annahme, daß die radioaktive Substanz in der Luft aus verschiedenen Arten mit verschiedenen Abnahmegeschwindigkeiten besteht. Schnee und Regen konnten ihre Aktivität der einen Art verdanken, während der negativ geladene Draht alle aktiven Träger zu seiner Oberfläche anzieht."

Der Wärmeaustausch im festen Erdboden, in Gewässern und in der Atmosphäre ist auf Grund der theoretischen Untersuchungen v. Bezolds durch J. Schubert festgestellt worden. [1]) Für den festen Erdboden sind dabei in erster Linie die Temperaturbeobachtungen zu Eberswalde, für das Wasser diejenigen der dänischen Feuerschiffstationen in Ost- und Nordsee und für die Atmosphäre die Ergebnisse der Berliner Luftfahrten zugrunde gelegt. Als Hauptresultat ergibt sich ein außerordentliches Überwiegen des Wärmeaustausches im Meere. Für den jährlichen Wärmeumsatz erhält man folgende Werte in Grammkalorien pro Quadratzentimeter:

Sandboden (Eberswalde)	1650
Atmosphäre ohne Dampfwärme (Berlin)	2620
Atmosphäre mit Dampfwärme (Berlin)	3600
Ost- und Nordsee (Dänische Stationen)	44000

Der darauf beruhende große Einfluß des Meeres auf die Witterungsvorgänge in benachbarten Ländern läßt sich in mehrfacher Beziehung nachweisen. Auch der tägliche Wärmeaustausch ist im Wasser erheblich größer als im festen Lande, wie durch Beobachtungen in Finnland von Homén, in Eberswalde und an der Küste von Heringsdorf gezeigt wird. Der jährliche Gang des Wassergehaltes der einzelnen Schichten der Atmosphäre erfährt mit wachsender Höhe eine Verzögerung. Durch Hinzutritt der Dampfwärme werden

---

1) Bericht d. Dtsch. physik. Ges. zu Berlin 2. p. 173.

die Phasen des jährlichen Wärmeganges am Boden verzögert, von 600 *m* an aufwärts und besonders in 2000 *m* Höhe aber beschleunigt. Nach den Wolkenbeobachtungen zu Potsdam fällt die Höhe von 2000 *m* in die Region der Kumulusbildung. Man kann die genannten Wolkenbeobachtungen auch benutzen, um die Geschwindigkeit der Luftströmung in verschiedenen Höhen zu ermitteln. In erster Annäherung ergibt sich für die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde in einer Höhe von H Kilometern bis etwa 10 *km* Höhe im Jahresdurchschnitte

$$v = 5.5 + 2.5 . \mathrm{H}.$$

Hieraus läßt sich ein ungefähres Maß für die der Luft innewohnende Bewegungsenergie finden. Bei vollständiger Umwandlung in Wärme würde die durchschnittliche Temperaturerhöhung der Atmosphäre etwa 0.3° betragen, was einer Wärmemenge von etwa 80 *kal./qcm* entspricht. — Für die Übertragung der Eigenschaften der Luft ist in erster Linie die Stärke der Luftströmung, d. h. die in der Zeiteinheit durch die senkrechte Querschnittseinheit hindurchströmende Luftmenge von Bedeutung. Diese scheint in der Höhe von 7 *km* ihr Maximum zu haben. Berechnet man dagegen die Menge Wasserdampf, die in der Zeiteinheit durch die Querschnittseinheit strömt, so erreicht diese ihren größten Wert schon innerhalb des ersten Kilometers über dem Erdboden, was aus der starken Abnahme des Dampfgehaltes nach oben erklärlich ist. Die weitere Ausbildung dieser Methoden und ihre Anwendung namentlich auf die Ergebnisse der internationalen Luftfahrten scheint für die Physik der Atmosphäre von vielversprechender Bedeutung.

Lufttemperatur.

Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu den Höhengrenzen ist von A. de Quervain einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden.[1]) Indem wegen der Einzelheiten dieser umfassenden Arbeit auf das Original verwiesen werden muß, folgen hier die vom Verf. gegebenen Resultate und Schlußfolgerungen.

„1. Es ist in den Schweizer Alpen eine Hebung der Isothermen nachweisbar, deren Maximum im Monte Rosagebiete und im Engadin liegt.

2. Diese Hebung der Isothermen ist nur um die Mittagsstunden stark ausgeprägt; am Morgen um 7 Uhr ist sie auch in den wärmsten Monaten von geringem Betrage und verkehrt sich in den übrigen Monaten in eine Einsenkung.

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 6. p. 481.

3. Die Hebung um Mittag beschränkt sich nicht nur auf den Sommer, sondern beginnt in ganz ausgesprochener Weise schon im Februar, um bis in den November zu dauern.

4. Das Ansteigen der isothermen Flächen um Mittag entspricht einem in der Niveaufläche von 1500 *m* bestimmten Temperaturgefälle, das im Februar 3.5° beträgt, im März auf 4.5° steigt und sich vom April bis zum Oktober auf 5° erhält, mit einem Maximum von 5.5° im Juli. Auch im November beträgt die Differenz noch 4.0°.

5. Die Hebung der Isothermen um Mittag von dem nördlichen Alpengebiete gegen die Zentren der Massenerhebung erreicht, unter Voraussetzung des mittlern mittäglichen vertikalen Temperaturgradienten der Monate März bis November, im Maximum den Betrag von rund 800 *m* und hält sich vom Mai bis Oktober auf 700 *m*.

6. Nach Süden ist ein Abfallen der isothermen Flächen zu konstatieren, das einen geringern Betrag hat als auf der Nordseite, aber immerhin im Mai ein Maximum von 700 *m* erreicht, sonst aber etwa 500 ausmacht.

7. Die thermische Begünstigung der zentralen Gebiete stützt sich nicht nur auf begünstigte Einstrahlung, sondern ebenso sehr auf eine durch die Natur der Massenerhebung bedingte prinzipielle Hinderung dynamischer Abkühlungen und Begünstigung dynamischer Erwärmungen.

Was bisher über den täglichen Wärmegang in Tälern, an Berghängen und auf Gipfeln bekannt war, und andere klimatologische Fakta mußten qualitativ ähnliche Resultate erwarten lassen. Als neu kann man jedoch die Bestimmung der Größe dieses Einflusses bezeichnen. Was wir hier für die Schweizer Alpen mit ihrer Massenerhebung von ca. 2000 *m* abgeleitet haben, wird nach Maßgabe der betreffenden Massenerhebung auch für andere Gebiete qualitativ und quantitativ zutreffen, soweit sich mit der geographischen Breite nicht die Voraussetzungen ändern.

Ferner findet Verf., daß der Verlauf der Waldgrenze in unmittelbarer Beziehung zur Temperaturverteilung steht. Es ergibt sich die interessante Tatsache, daß an der Waldgrenze die Mittagstemperaturen im ganzen Gebiete dieselben sind, und zwar leiten sich aus des Verfassers Aufstellungen folgende annähernde Werte ab:

Monat:	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Mittagstemperatur an der Waldgrenze	—2°	—0,5°	3,5°	6,5°	10,5°	13,2°	13°	10,5°	6°	2,5°

Die Schneegrenze betreffend sind die Schlüsse weniger sicher. Sie verläuft 1000 bis 1600 *m* über dem Niveau, dessen Temperaturverteilung untersucht wurde.

Jedenfalls hält Verf. die Mittagstemperaturen bezüglich der Schneegrenze für ausschlaggebend; sie charakterisieren die Verhältnisse an der Schneegrenze daher wohl besser, als solches durch die mittlern Tagestemperaturen geschehen wird.

Die Temperaturumkehr in der Höhe ist von R. Aßmann an der Hand der simultanen Drachenaufstiege in Berlin und Hamburg für den Zeitraum vom 6. Mai 1903 bis 5. Mai 1904 untersucht worden.[1] Es wurden dabei außer den Temperaturinversionen auch die genetisch zusammengehörigen Isothermen berücksichtigt, da dieselben in Fällen, in denen die Aufstiege nicht in die Höhe der vollen Inversion hinaufreichten, als eine Überleitung zu derselben deren Anwesenheit verraten.

Folgende Tabelle gibt sämtliche in Berlin und Hamburg angetroffenen Erscheinungen dieser Art.

Zahl der Tage mit Inversionen und Isothermen.

1903.	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
	9	11	8	9	16	14	19	26

1904.	Januar	Februar	März	April	Jahr
	23	20	24	16	195

„Die beträchtlich größere Häufigkeit derselben in den Wintermonaten einschließlich des März ist deutlich ausgesprochen; der Prozentsatz aller Inversionen steigt hier auf 59.8%. Überlegt man dazu, daß sicherlich ein nicht geringer Teil der Aufstiege, besonders der Hamburger, die Inversionsschichten nicht erreicht hat, so wird man nicht fehlgehen, wenn man die Häufigkeit des Vorhandenseins von Temperaturumkehrungen auf 70% bewertet.

Die Jahressumme von 195 Inversionen bezieht sich auf beide Stationen, d. h. sie gibt an, daß an 195 Tagen im Jahre entweder in Berlin oder in Hamburg oder an beiden Stationen Temperaturumkehrungen vorgefunden worden sind.

Eine Auszählung ergibt, daß von den 115 Tagen gleichzeitiger Aufstiege, an welchen eine Inversion an einer der beiden Stationen festgestellt wurde, 25 auszusondern sind, weil die erreichten Höhen zu ungleich waren; von den verbleibenden 90 Tagen wurden in Hamburg 12, in Berlin 8, zusammen also 20 Tage ohne Temperaturumkehrung gefunden. Mit andern Worten heißt das: die Temperaturinversionen wurden in 77.8% aller möglichen Fälle an beiden Stationen angetroffen und dürften somit als ein über weitere Gebiete verbreitetes Phänomen anzusehen sein.“

Die mittlere Höhenlage der Umkehrschichten, entnommen aus deren vorgefundenen obern und untern Grenzen, sowie ihre aus denselben Angaben gewonnene Mächtigkeit gibt Aßmann durch folgende Tabellen wieder:

Mittlere Seehöhe der Umkehrschichten in Metern.

1903	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
in Hamburg	(1700)	830	(1400)	—	1010	694	746	437
in Berlin	(1650)	941	(1700)	—	820	550	832	900
Zahl der Fälle	1	4	1	—	5	6	6	15 (12)

[1] Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre 1. p. 35.

Mittlere Seehöhe der Umkehrschichten in Metern.

1904	Januar	Februar	März	April	Jahr
in Hamburg	660	859	870	1133	932
in Berlin	533	624	688	854	775
Zahl der Fälle	10	10 (9)	13	11 (8)	

Mittlere Mächtigkeit der Inversionsschichten in Metern.

1903	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
in Hamburg	(400)	327	—	—	324	488	258	214
in Berlin	(300)	390	—	—	200	425	450	465
Zahl der Fälle	1	4	—	—	5(3)	4	6(2)	12(10)

1904	Januar	Februar	März	April	Jahr
in Hamburg	360	229	288	178	300
in Berlin	258	310	390	582	363
Zahl der Fälle	4(8)	10(4)	13(8)	9(4)	

„Aus der Zusammenstellung scheint, soweit man das immerhin noch lückenhafte und unzureichende Material eines Jahres für eine erste Annäherung herbeiziehen darf, hervorzugehen, daß die Inversionsschichten in Hamburg durchschnittlich eine etwas höhere Lage aber eine etwas geringere Mächtigkeit besitzen als in Berlin, und daß sich eine jährliche Periode der Höhenlagen erkennen läßt, welche besonders in Hamburg in einer deutlichen Senkung der Schichten in der kalten Jahreszeit besteht, während diese Erscheinung in Berlin undeutlicher ausgesprochen ist. Faßt man die Höhenlagen nach Gruppen zusammen, so ergibt sich folgendes Bild der Häufigkeit von Inversionen (in Prozenten):

	Erdboden bis 200 m.	200—500.	500—1000.	1000—1500.	1500—2000.	2000—2500 m.
in Hamburg	6.9	39.5	13.3	13.9	4.7	3.5
in Berlin	4.5	37.6	28.4	21.6	4.5	3.4

Diese Zusammenstellung läßt eine deutliche Übereinstimmung zwischen den beiden Stationen erkennen und dürfte auch als Beweis für die Tatsächlichkeit der Temperaturumkehrungen und deren allgemeinern Charakter gelten. Es sei noch bemerkt, daß diejenigen Fälle, in welchen mehrere übereinander liegende Umkehrschichten angetroffen worden sind — in Hamburg und Berlin je zehn Fälle — einzeln gezählt worden sind. Die größere Zahl von Inversionen zwischen 1000 bis 1500 *m* Höhe, welche in der Tabelle bei Berlin verzeichnet ist, dürfte wohl aus der größern Höhe der Berliner Aufstiege zu erklären sein.

Um der Frage nach einer Erklärung über die Entstehungsursache und das Wesen dieser Temperaturumkehrungen näher zu kommen, wurden die bei den „Inversionsaufstiegen" herrschenden Windrichtungen ermittelt.

Für beide Stationen zeigt sich übereinstimmend ein außerordentliches Überwiegen des zwischen Nordost und Südost liegenden Quadranten, während besonders der westliche Quadrant beträcht-

lich zurücktritt. Mit andern Worten: Das Auftreten von Temperaturumkehrungen erfolgt am häufigsten bei einer Druckverteilung, welche den höchsten Barometerstand im Norden und Osten, den tiefsten im Süden und Westen hat.

Die großen Inversionen sind in den meisten Fällen an beiden Stationen gleichzeitig oder doch nur kurz nacheinander beobachtet worden, und im allgemeinen ergibt sich, daß auch die Intensitäten der Temperaturumkehrungen an beiden Stationen durchaus parallel gehen. Die Entstehungsursache der Temperaturumkehrungen ist noch unbekannt. Aßmann hatte früher die Möglichkeit erörtert, daß die in der hohen Inversionstemperatur zutage tretende Wärme ihre Quelle in Kondensationsvorgängen haben könnte, welche in größerer Entfernung stattfinden. Die Tatsache, daß die häufigsten und stärksten Umkehrungen dann vorkommen, wenn tiefer Druck im Westen und Süden herrscht, weise ziemlich deutlich auf einen Zusammenhang zwischen den beiden Vorgängen hin, da die genannte Druckverteilung ganz besonders zu Kondensationen in größerm Maßstabe zu führen pflegt, entsprechend dem Vorhandensein von Meeren, die, besonders im Winter, der Hauptzeit der Inversionen, hochtemperiert sind. Bekanntlich ist auch in den West-, Südwest- und Südküsten Europas der Winter die Zeit der ergiebigsten und weitest vertreiteten Niederschläge.

Eine statistische Zusammenstellung der Tage mit Niederschlag und Inversionen für den obigen Zeitraum ergab zunächst, daß 155 stärkere Niederschläge in 85 Fällen von Inversionserscheinungen am nächstfolgenden Tage gefolgt waren, entsprechend 55.0 vom Hundert, ferner, daß von 184 überhaupt, d. h. entweder in Berlin oder in Hamburg beobachteten Temperaturumkehrungen 108, d. h. 57%, nicht mit Regenfällen zusammengefallen sind. „Hieraus könnte man den Schluß ziehen, daß ein Zusammenhang der beiden Erscheinungen eher unwahrscheinlich als wahrscheinlich sei. Die Verhältniswerte ändern sich jedoch nicht unbeträchtlich, wenn man einerseits die in Beziehung gebrachten Küstenländer enger umgrenzt, anderseits die Jahreszeiten gesondert betrachtet: die Nordwest- und Westküsten geben seinen geringern Prozentsatz, 50.0%, dagegen steigt derselbe bei den Südwestküsten auf 63.3, bei den Südküsten auf 61.2%. Faßt man nun noch die wärmere, sowie die kältere Jahreszeit gesondert ins Auge, so sieht man, daß die letztere besonders für die Südwestküsten und Südküsten Beziehungen zwischen den beiden Phänomenen aufweist, welche wohl einen ursächlichen Zusammenhang vermuten lassen, indem die Werte 79.3 und 69.3 vom Hundert doch schon ganz beträchtlich über dem Zufallsverhältnisse liegen. Außerdem ist anzunehmen, daß eine weitere Ausdehnung der Aufstiege nach der Höhe zu noch viele Inversionen in höhern Schichten aufdecken wird, welche bisher nicht erreicht werden konnten, und daß sich demnach mit weiterer Vervollkommnung der

aeronautischen Technik das prozentische Verhältnis nicht unerheblich zugunsten eines Zusammenfallens der beiden Erscheinungen verbessern würde, zumal die Zahl der Niederschlagstage hierdurch keine Vermehrung erfahren kann, sondern nur die der Inversionstage."

Die Temperaturabnahme mit der Höhe in der Gegend von Paris auf Grund fünfjähriger Beobachtungen hat Teisserenc de Bort dargestellt. [1]) Er teilt das Material in zwei Gruppen, von denen die eine die Resultate von 581 Ballonaufstiegen in verschiedenen Höhen, die andere aus 141 Aufstiegen, welche die Höhe von 14 *km* erreicht haben, umfaßt. Letztere lieferte folgende Werte:

Höhe	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Amplitude
Erdoberfläche	+ 1.9°	+ 5.1°	+13.0°	+ 7.5°	13.4°
1000 *m*	— 0.2	+ 2.4	+11.8	+ 6.1	14.6
2000 *m*	— 1.4	— 2.1	+ 7.3	+ 2.2	14.3
3000 *m*	— 6.0	— 6.4	+ 2.1	— 1.7	12.5
4000 *m*	—10.9	—12.2	— 2.7	— 6.5	12.6
5000 *m*	—17.0	—18.5	— 8.3	—12.4	13.3
6000 *m*	—23.7	—25.2	—14.8	—18.7	12.5
8000 *m*	—39.0	—39.0	—29.3	—33.5	12.5
10000 *m*	—54.0	—52.7	—45.3	—48.3	11.6
12000 *m*	—57.9	—53.1	—52.7	—57.1	9.1
14000 *m*	—55.5	—52.5	—51.3	—57.1	9.3

Diese Tabelle zeigt, daß die mittlere Temperaturabnahme gering ist in den untern Schichten, wo sie in einer mit der Jahreszeit wechselnden Höhe ein Minimum zeigt wegen der Kondensation der Wolken und infolge der Temperaturumkehrungen. Diese letztern treten in den untersten 3 bis 4 *km* sehr häufig auf. Bei Windstille sind sie nachts die Regel; in manchen Fällen zeigen sie sich auch bei starken Winden. Am Tage sind sie oberhalb der Wolkenschichten gewöhnlich, zuweilen kommen sie jedoch auch ohne Wolken vor.

Die Temperaturumkehr scheint zu entstehen, wenn die Luft ihre Temperatur an Ort und Stelle ändern kann entweder durch die Berührung mit dem Boden oder mit der Oberfläche der Wolken oder durch Strahlung; ferner wenn sie auf oder unter andern Luftmassen hingleiten kann, ohne merkliche Änderung, wobei sie ungefähr den Isobarenflächen folgt.

Die Temperaturabnahme mit der Höhe bis zu 10 *km* nach den Ergebnissen der internationalen Ballonaufstiege ist von Prof. Hann untersucht worden. [2]) Indem sich Verf. auf bemannte und unbemannte Aufstiege stützte, konnte er 150 Aufstiege bis zu 7 *km* und 125 bis zu 10 *km* benutzen. Dabei sind mehrere Aufstiege am selben Tage und Orte nur im Mittel verwendet worden.

[1]) Compt. rend. 138. p. 42.
[2]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. p. 111.

Das Ergebnis war, daß die Monatsmittel der Temperatur für 1, 2, 3 usw. bis 10 *km*, noch zu sehr von dem zufälligen Witterungscharakter der Aufstiegstage beeinflußt sind, um einen einigermaßen verläßlichen jährlichen Gang zu zeigen. Dagegen ist dies bei den Temperaturdifferenzen für Kilometer-Höhenintervalle, also bei den Werten der Temperaturabnahme mit der Höhe, kaum noch der Fall, der jährliche Gang kommt in diesen Zahlen vielmehr schon recht regelmäßig zur Geltung. Die Monatswerte der Temperaturdifferenzen für die Höhenintervalle von 1 bis 3, 3 bis 5, 5 bis 7 und 7 bis 9 *km* wurden deshalb durch periodische Reihen dargestellt und der jährliche Gang mittels derselben berechnet. Das Ergebnis dieser Rechnungen war einigermaßen überraschend. In der Luftschicht von 1 bis zu 3 *km* Höhe stimmt sehr bemerkenswerterweise der jährliche Gang fast vollständig mit jenem überein, den auch die Temperaturaufzeichnungen an den festen Stationen im Gebirge ergaben. Die Phasenzeiten sind genau dieselben, nur die Amplitude ist in der freien Atmosphäre kleiner, z. B.:

Sonnblick — Gastein

$$11^0\,47 + 2{\cdot}67 \sin(296^0 + \chi) + 0{\cdot}75 \sin(296^0 + 2\chi)$$

Freie Atmosphäre

$$9^0\,37 + 2{\cdot}04 \sin(300^0 + \chi) + 0{\cdot}37 \sin(244^0 + 2\chi).$$

Dies ist der jährliche Gang der Temperaturdifferenzen in der Höhe von 1 und 3 *km*. Die rascheste Wärmeabnahme tritt in beiden Fällen zwischen Mai und Juni ein.

Dagegen tritt in den Höhenschichten von 3 bis 5 und von 5 bis 7 *km* die rascheste Wärmeabnahme schon im März und Aprl ein und dann ganz unerwartet in der Schicht von 7 bis 9 *km* erst im Sommer, etwa Anfang Juli. Die Amplituden nehmen zuerst mit der Höhe ab, dann in 7 bis 9 *km* wieder bedeutend zu.

Da inzwischen Teisserenc de Bort die bei 581 Aufstiegen von Ballons sondes erhaltenen Temperaturen als Mittel für die Jahreszeiten publiziert hatte, konnten diese zu einer Kontrolle der obigen Resultate benutzt werden, nachdem Prof. Hann vorerst gezeigt hatte, daß man aus den Mitteln der vier Jahreszeiten die ganzjährige Temperaturwelle schon vollkommen genau berechnen kann. Die oben angeführten Resultate finden dabei volle Bestätigung, ja die von Teisserenc publizierten Temperaturen ergeben, daß in der Schicht von 9 bis 11 *km* das Maximum der Temperaturabnahme sogar auf den Herbst fällt, während die kleinste Temperaturabnahme im Frühlinge eintritt. Das erste Glied der Sinusreihen ergibt für den beiläufigen Eintritt der raschesten Wärmeabnahme in den Höhenschichten von:

	1 bis 3	3 bis 5	5 bis 7	7 bis 9	9 bis 11 *km*
Maximum . . .	15. Mai	14. Februar	27. Januar	28. Juli	15. September

Indem die erwähnten Temperaturdifferenzen an die 17-jährigen Monatsmittel der Temperatur auf den Sonnblick angeschlossen

werden, erhält Prof. Hann Monatsmittel der Temperatur für 5, 7 und 9 *km* Höhe, auf welche er aber kein Gewicht legt. Merkwürdigerweise nehmen die Jahresamplituden mit der Höhe nicht ab, sondern zu, und dasselbe zeigen die Differenzen Sommer—Winter in den Mitteln von Teisserenc de Bort.

Seehöhe	3 *km*	5 *km*	7 *km*	9 *km*
Jahresschwankung	14.5°	16.1°	16.7°	14.8°
Sommer—Winter	9.9	10.5	11.3	9.5

Die Werte für die Wärmeabnahme pro 100 *m* ergeben sich fast vollständig übereinstimmend: 1. aus den ersten Berliner Ballonfahrten, 2. aus den vom Verfasser berechneten internationalen Fahrten und 3. aus den 581 Ballonaufstiegen in Paris. Prof. Hann stellte dann die Ergebnisse aller bemannten Fahrten allein zusammen, auch diese stimmen vorzüglich mit den aus den Registrierballons allein abgeleiteten Werten. Er versuchte dann noch, aus seinem Materiale die Temperaturabnahme mit der Höhe in den Hochdruck- und in den Niederdruckgebieten für das Winterhalbjahr und für das Sommerhalbjahr gesondert zu berechnen. Er konnte hierzu je 10 bis 12 Fälle, also rund 40 im ganzen, benutzen. Das Ergebnis stimmt mit den von ihm früher aus den Sonnblickbeobachtungen bis zu 3 *km* abgeleiteten Ergebnissen und mit jenen, die Teisserenc de Bort für größere Höhen im allgemeinen mitgeteilt hat, ohne Zahlenwerte dafür anzuführen. Prof. Hann findet folgende Zahlen:

Temperaturabnahme pro 100 *m*.

	Hochdruckgebiete		Niederdruckgebiete	
	Winterhalbjahr	Jahr	Winterhalbjahr	Jahr
0 bis 5 *km*	0.35°	0.40	0.52°	0.53
5 „ 10	0.73	0.71	0.56	0.62
0 „ 10	0.54	0.55	0.54	0.57

Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist in den untern Schichten der Atmosphäre in den Antizyklonen langsamer als in den Zyklonen, in großen Höhen aber kehrt sich das Verhältnis um. Diesen Satz hat zuerst Teisserenc de Bort gefunden, aber, wie bemerkt, die Belege dafür noch nicht publiziert.

Die niedrigsten Temperaturen in sehr großen Höhen finden sich in den Antizyklonen. Am 5. Dezember 1901 z. B. gaben zwei Ballons sondes über Paris in einem ausgebreiteten Barometermaximum von 770 *mm* übereinstimmend eine Temperatur von rund — 73° in 12 bis 13 *km* Höhe. Die Temperaturabnahme mit der Höhe über Mitteleuropa überhaupt war damals bis zu 5 *km* bloß 0.27°, von 5 bis 10 *km* 0.73° und von 10 bis 12 *km* rund 1° pro 100 *m*.

Für den mittlern Temperaturunterschied zwischen den Hochdruck- und Niederdruckgebieten ergaben sich aus den von Hann be-

rechneten Beobachtungen folgende Zahlen, die natürlich nur provisorischen Wert beanspruchen können, während die Vorzeichen als ziemlich sicher angesehen werden können.

Temperaturdifferenzen: Maximum — Minimum.

	Höhenschicht				
	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5 *km*
Winterhalbjahr	—1.3	3.0	5.0	4.5	4.5
Jahr	(0.3)	3.3	4.6	4.8	5.1
	Höhenschicht				
	4—6	6—7	7—8	8—9	9—10 *km*
Winterhalbjahr	4.0	3.0	1.6	—0.8	—3.3
Jahr	5.0	4.4	3.5	2.1	0.6

Die Zahlen für das Winterhalbjahr sind die verläßlichsten. In der Bodenschicht und oberhalb 8 *km* sind die Minima wärmer, in der mittlern Schicht die Maxima. Der Temperaturüberschuß in den Antizyklonen erreicht etwa in der Höhenschicht von 2 bis 3 *km* den größten Betrag von 5° ca., der Verfasser hatte aus den Sonnblickbeobachtungen schon eine ähnliche Differenz gefunden. Das Mittel von 1 bis 10 *km* würde nach obigem immer noch einen Wärmeüberschuß für den Luftkörper der Antizyklonen ergeben, aber das bleibt noch fraglich, bis Teisserenc de Bort seine Zahlen wird veröffentlicht haben.

Luftdruck.

Die täglichen Schwankungen des Luftdruckes in Berlin sind von Prof. R. Börnstein auf Grund 20-jähriger Aufzeichnungen des Sprungschen Barographen untersucht worden.[1]) Es zeigten sich die schon bekannten zwei täglichen Schwankungen verschiedener Größe, im Jahresmittel treten die Maxima um 10^h vormittags und 11^h nachmittags, die Minima um 5^h nachmittags und 4^h vormittags ein, wobei die zuerst genannten Zeiten den Hauptextremen zukommen. Mit Eintritt der warmen Jahreszeit entfernen die Extreme sich von der Mittagszeit, um für die kältere Jahreshälfte von beiden Seiten wieder gegen Mittag hinzurücken. In den Monaten November bis Februar ist auch das von Rykatschew entdeckte dritte Maximum in den ersten Morgenstunden erkennbar.

An diese tatsächlichen Beobachtungsergebnisse schließt sich die Darstellung des täglichen Barometerganges durch eine harmonische Reihe von der bekannten Form, welche bis zum Vierfachen des variablen Winkels berechnet wird.

Diese Darstellungsweise hat namentlich in den Arbeiten von Hann zu der Erkenntnis geführt, daß die ganztägige Schwankung des

[1]) Anzeiger der Wiener Akad. 1904. p. 185.

Druckes mit dem täglichen Temperaturgange und seinen örtlichen Besonderheiten in sehr naher Beziehung steht, während die halbtägige Schwankung von örtlichen Einflüssen unabhängig und meist viel stärker als jene auftritt. Man versuchte demnach, die beiden ersten Glieder der Reihe, welche bisher vorzugsweise untersucht wurden, verschiedenen physikalischen Ursachen und insbesondere das zweite Glied, also die Doppelschwankung, einem außerirdischen Vorgange zuzuschreiben. Während Lamont demgemäß an eine elektrische Einwirkung der Sonne dachte, suchte Hann den Ursprung der täglichen Doppelschwankung in der Erwärmung der obern Luftschichten. Neuerdings hat nun Margules in Durchführung einer von Lord Kelvin gegebenen Andeutung gezeigt, daß die als Ganzes betrachtete irdische Atmosphäre freie Schwingungsbewegungen ausführen kann, deren eine mit Berücksichtigung der Erddrehung und der Luftreibung sehr nahe innerhalb zwölfstündiger Perioden verläuft, und daß also irgend eine in zwölfstündigen Intervallen regelmäßig wiederkehrende Gleichgewichtsstörung imstande ist, Schwingungen der genannten Periode von größerer Stärke hervorzurufen als solche in andern (z. B. 24-stündigen) Intervallen. Um die Anwendbarkeit dieser Überlegung auf die Berliner Luftdruckzahlen zu prüfen, wurden Temperaturbeobachtungen, die in achtjähriger (1890 bis 1897) Reihe an gleicher Stelle gewonnen waren, in derselben Art bearbeitet und zur Herleitung der harmonischen Konstituenten des täglichen Temperaturganges benutzt. Dabei zeigte die Amplitude a_1 ganz ähnlichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck. Die Amplitude a_2 der halbtägigen Schwankung ist für Temperatur erheblich kleiner als a_1, hat aber den gleichen Jahreslauf für Temperatur wie für Druck, nämlich Maxima zur Zeit der Nachtgleichen und das Hauptminimum im Winter.

Wenn hiernach vermutet werden darf, daß auch die halbtägige Schwankung mit dem Temperaturgange in naher Beziehung steht, so würde diese Auffassung gestatten, die harmonische Reihe als den mathematischen Ausdruck einer einzigen physikalischen Beziehung anzusehen, nämlich der Abhängigkeit des Luftdruckes von der örtlichen Temperatur. Ob aber eine solche Meinung zulässig ist, muß durch Untersuchung der entsprechenden Verhältnisse anderer Orte geprüft werden.

Die Beziehung zwischen Bewölkung und Luftdruckverteilung hat Dr. Felix Exner untersucht,[1] als Beitrag zur Kenntnis des bei bestimmter Druckverteilung auftretenden Wetters. Als Kriterium für eine genau definierte Einteilung der auftretenden Erscheinungen wurde der Westwind in Wien verwendet. Für die Tage, wo derselbe in Wien um 7h vormittags in bestimmter Stärke wehte, wurden die

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1903. p. 283.

Luftdruckwerte von 13 Stationen Österreich-Ungarns ermittelt und diese nach der in Wien herrschenden Himmelsansicht in vier Gruppen geteilt, für die Bewölkung 0 bis 3, 4 bis 7 und 8 bis 10 der zehnteiligen Skala und für Niederschlag. Dabei wurden die Windstärken W_3, W_4 und W_5 oder W_6 gesondert behandelt. Für alle diese zwölf Gruppen wurden die Mittelwerte der Luftdruckdaten berechnet und mit ihnen mittlere Isobarenkarten gezeichnet. Dieselben unterscheiden sich für verschiedene Bewölkungen nur wenig voneinander; deutlich wird aber ihr Unterschied durch Bildung der Abweichungen der Werte einer Gruppe vom Mittel aller vier Gruppen einer Windstärke. So gezeichnete Abweichungskarten zeigen übereinstimmend bei Bewölkung 0 bis 3, daß Wien in einem Gebiete relativ hohen Druckes, bei Niederschlag aber in einem relativen Minimum liegt; diese sind über die mittlere Druckverteilung aller vier Gruppen superponiert zu denken.

Auf Grund seiner Betrachtungen kommt Dr. Exner zu folgendem Satze: „Wenn bei bestimmter Windgeschwindigkeit und parallelen Isobaren die Luft aus einem Gebiete mit stärkerm Druckgefälle in ein solches mit schwächerm strömt, so wird schlechtes Wetter, wenn umgekehrt, wird schönes Wetter herrschen.“ Es wurden zu den ausgewählten Drucksituationen auch Isothermenkarten gezeichnet, aus denen sich übereinstimmend ergibt, daß bei Westwind der Südosten von Niederösterreich, der Streifen Wien—Neunkirchen, eine Wärmeinsel bildet, die ihre Ursache wohl im Herabsteigen der Luft über die Ausläufer der Alpen hat.

Über die atmosphärische Ebbe und Flut. Auf der 10. Versammlung der deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu Berlin sprach Prof. Möller (Braunschweig) über die atmosphärische Flut und insbesondere über die Ebbebewegung der Luft. Dabei konnte er nicht umhin, auch die Falbschen Theorien in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Er sei, nachdem er ursprünglich dem Monde einen Einfluß auf das Wetter zusprechen zu müssen geglaubt habe, nach genauesten Beobachtungen der Barometerstände, als dem Maßstabe atmosphärischer Flut und Ebbe, zur Überzeugung gelangt, daß Beziehungen zwischen diesen Erscheinungen und dem Monde nicht bestehen, selbst wo es hin und wieder scheine. So bei dem berühmten Beispiele vom 27. Januar 1884, wo unter dem Zusammenwirken von Sonne und Neumond Sturmfluten und gleichzeitig ungewöhnliche Luftdruckverhältnisse eingetreten seien. Auch dieses und ähnliche Vorkommnisse halten der strengen Kritik gegenüber nicht stand. Immerhin bleibe es von Interesse, zu ergründen, warum die Anziehung des Mondes im Wasser und nicht in der Luft Bewegungen hervorrufe. Bei Untersuchung dieser Frage werde man nicht außer acht lassen dürfen, daß die Ebbe- und Flutbewegung im Meere, wie die Wellenbewegung im Meere überhaupt ja verhältnismäßig flach und auf die Oberfläche be-

schränkt ist, und in nicht allzu großer Tiefe Ruhe herrscht. Doch auch für die Möglichkeit, daß wir nur deshalb von der Ebbe- und Flutbewegung des Luftmeeres nichts merken, weil wir uns auf dem Boden desselben befinden, bestehe keine Wahrscheinlichkeit. Denn es müßten sich alsdann bei unsern feinen Luftdruckbeobachtungen Analogien finden zu den praktisch und theoretisch feststehenden Erfahrungen mit Ebbe und Flut im Meere, daß die von letztern hervorgerufenen Bewegungen da am stärksten sind, wo die Erde sich am schnellsten dreht, am stärksten ferner auf derjenigen Erdseite, über der das Gestirn steht, wenn auch nicht an der Stelle der Erdoberfläche, in deren Zenit das Gestirn steht, sondern 45° davon entfernt. Die Barometerbeobachtungen geben hierfür nicht die geringste Spur eines Anhaltes. — In der sich anschließenden Diskussion wurde von Professor Börnstein darauf aufmerksam gemacht, daß die Beschränkung der Wellenbewegung im Wasser auf die Oberfläche eine Ursache habe, die für die Luft entfalle, nämlich die Nichtkomprimierbarkeit des Wassers. In nicht komprimierbarer Flüssigkeit können Wellen nur da entstehen, wo eine Verschiebung möglich ist, also nur an der Oberfläche. Dagegen würde im elastischen Medium der Luft eine vom Monde erzeugte Flutwelle eine Änderung der Schwere, die in allen Schichten gleichmäßig wirken müßte, bedingen. Sie müßte sich also in den Barometerständen bemerklich machen, und es werde mit Recht auf ihr Nichtvorhandensein geschlossen, da sich Druckschwankungen regelmäßiger Art in den Zeiten, in denen sie nach den Mondständen eintreten müßten, in keiner Art nachweisen lassen.

Niederschläge.

Versuche und Beobachtungen über Regentropfen hat Prof. P. Lenard angestellt.[1]) Diese Versuche beziehen sich speziell auf das Verhalten von Wassertropfen in aufwärts strömender Luft, die ja bei der Regenbildung eine Hauptrolle spielt. Daran schließen sich weitere Beobachtungen über die quantitative Größenverteilung der Tropfen einer Anzahl von Regenfällen.

Was die Fallgeschwindigkeiten der Wassertropfen in der Luft anbelangt, so kommt bei den großen hier vorhandenen Fallhöhen immer nur die konstante Endgeschwindigkeit in Betracht, die infolge des Luftwiderstandes sich einstellt. Bezüglich der Größe des letztern unterscheidet Prof. Lenard drei wesentlich voneinander verschiedene Fälle, nämlich:

a) kleine Geschwindigkeiten, wie sie erfahrungsmäßig bei ganz kleinen Tröpfchen vorkommen. Wirbelbewegungen in der Luft kommen hier nicht in Betracht, der Widerstand rührt dann allein her von der innern Reibung in der Luft und ist einfach der Geschwindigkeit proportional. Die konstante Fallgeschwindigkeit ist in diesem Falle $v = 1\,270\,000\ r^2$. Hier bezeichnet r den Durchmesser des Tropfens und v die Geschwindigkeit, beide in Zentimetern ausgedrückt, bezogen auf die Sekunde. Hiernach hat ein Tropfen von *0.01 mm*

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1904. p. 249.

Durchmesser beim freien Falle in der Luft eine konstante Endgeschwindigkeit von 3.2 *mm* in der Sekunde, einer von 0.1 mm Durchmesser eine solche von 32 *cm* in der Sekunde.

b) Größere Geschwindigkeiten, wie sie bei größern Tropfen vorkommen. Hierbei tritt Wirbelbewegung der Luft ein, und der Widerstand der Luft wächst wie das Quadrat der Geschwindigkeit. Die Endgeschwindigkeit hängt von einer empirisch zu bestimmenden Konstanten ab, welche Prof. Lenard aus Fallversuchen an Wassertropfen von 2 bis 3 *mm* Halbmesser ermittelt hat. Nach seiner Berechnung beträgt die Endgeschwindigkeit eines Regentropfens von 0.3 *mm* Durchmesser 2.7 *m* in der Sekunde, die eines solchen von 0.5 mm Durchmesser 3.5 *m*.

c) Deformation des Tropfens durch die Luft, welcher eintritt bei großen Tropfen und dauernd großen Geschwindigkeiten. Zur Ermittlung der Endgeschwindigkeit sind in diesem Falle besondere Versuche erforderlich.

Versuche über das S c h w e b e n d e r T r o p f e n hat Prof. Lenard mittels eines besondern Apparates angestellt. Derselbe bestand aus einem großen Ventilatorflügelrad mit vertikaler Achse, das im untern Teile eines vertikalen, zylindrischen Mantels aufgestellt war. Der Durchmesser des Rades betrug 65 cm, der des Mantels 67 *cm*, die Höhe des letztern 100 *cm*. Versetzt ein kräftiger Elektromotor das Rad in Rotation, so bläst ein starker Luftstrom, unten in den Mantel eingesaugt, oben vertikal aus demselben heraus. Um diesen Luftstrom von der rotierenden Bewegungskomponente, die er vom Rade her hat, möglichst zu befreien, waren im obersten Teile des Mantels sechs radiale Wände äquidistant eingesetzt. Auf den Mantel war endlich ein Blechkonus gesetzt, welcher den Luftstrom auf die geringere Breite von 42 *cm* einengte, aber dafür seine Geschwindigkeit in seinem ganzen Querschnitte sowohl, als auch bis in beträchtliche Höhe hinauf überall sehr nahe gleich werden ließ. In diesen Luftstrom hinein konnten nun aus einem an der Zimmerdecke aufgehängten Gefäße durch ein Rohr Wassertropfen fallen. Damit die Bildung der Tropfen ungestört sei, war die Mündung des Rohres von einem oben geschlossenen Mantel umgeben, innerhalb dessen die Luft ruhte. Durch Variation des Durchmessers konnten verschiedene Tropfengrößen hervorgebracht werden, und durch Regulierung des Ventilatorganges war es leicht, jedesmal die Tropfen zum Schweben zu bringen. Man sah den Tropfen, nachdem er mit geringer Anfangsgeschwindigkeit die Mündung des Mantels verlassen, in verzögerter Bewegung nach abwärts steigen und etwa 50 *cm* über der Mündung des Konus zum Stillstand kommen. Er blieb dort so lange schwebend, bis er schließlich, langsam seitlich aus dem Luftstrome herausgleitend, zu Orten geringerer Windesgeschwindigkeit gelangte und dann neben dem Apparate zu Boden fiel. Das Schweben dauerte 2 bis 4 Sekunden lang. Indem der schwebende Tropfen mit dem Auge verfolgt wurde, konnte er bei seinem schließlichen Herausgleiten auf Löschpapier aufgefangen werden, um seine Größe zu ermitteln. Zur Messung der zugehörigen Luftgeschwindigkeit wurde sofort danach ein kleines Schalenkreuzanemometer an die Stelle gebracht, wo das Schweben stattgefunden hatte.

Die kleinsten untersuchten Tropfen wurden nicht einzeln in den Luftstrom fallen gelassen, sondern in Form eines Strahles, wodurch ein ganzer Schwarm schwebender Tropfen entstand. Es wurde dann der Wasserstrahl abgestellt, gewartet, bis der Schwarm durch Herausfallen von Tropfen sich gelichtet hatte, und schließlich mit den am längsten schwebend gebliebenen Tropfen verfahren, wie angegeben.

Es ergab sich, daß bei wachsender Tropfengröße die Geschwindigkeit schnell einen Grenzwert erreicht — sehr nahe 8 *m* in der Sekunde —, über welchen hinaus sie nicht wächst, sondern bei wachsender Tropfengröße wieder etwas abnimmt. In allen Fällen ist die Geschwindigkeit kleiner, der wirkliche Luftwiderstand also größer als dem Falle b entspräche. Der Unterschied ist sehr groß bei den größten Tropfen, er ist aber selbst bei Tropfen von rund 1.3 *mm* Durchmesser noch vorhanden.

Den Grund hierfür fand Prof. Lenard bei aufmerksamer Betrachtung der schwebenden Tropfen. Dieselben sind bedeutend deformiert. Die Deformation besteht in Abflachung der Tropfen in vertikaler Richtung; sie steigerte sich bei den größten Tropfen oft bis zum Zerfahren derselben. Ähnliche Deformationen hatte Prof. Lenard auch früher schon an den Tropfen eines nächtlichen Regens bei Momentbeleuchtung konstatiert. Die Tropfen jener ältern Fallversuche zeigten dagegen solche Deformationen nicht, woraus zu schließen, daß die Ausbildung dieser Deformationen mehr Zeit verbraucht, als in jenen Versuchen — die innerhalb einiger Zehntelsekunden abliefen — vorhanden war. Dem entspricht es auch, daß das Zerfahren großer, schwebender Tropfen, welchem stets die Deformation vorausgeht, immer erst nach einigem Verweilen derselben in der bewegten Luft eintrat. „Der Zeitverbrauch," sagt Prof. Lenard, „ist verständlich, wenn die Deformation nicht Wirkung der senkrecht zur Tropfenoberfläche gerichteten Drucke, sondern der tangentialen Reibungskräfte der Luft ist, welche die ganze Masse des Tropfens in wirbelnde Bewegung bringen, was bei der relativ großen Trägheit des Wassers nur allmählich geschehen kann. Solche Bewegung muß durch ihre zentrifugalen Kräfte zunächst den Tropfen abflachen; bei genügender Intensität wird sie ihn zu einem horizontalen Ring öffnen, welcher dann durch die Kräfte der Oberflächenspannung schnell in einen Kranz kleinerer Tropfen zerfallen muß."

In Hinsicht der Fallbewegung mittelgroßer und großer Tropfen bemerkt Lenard, daß das Luftwiderstandsgesetz b mit dem angegebenen Werte der Konstanten zwar gut das Fallen solcher Tropfen aus der Ruhe bis zu 3 *m* Tiefe darstellt, daß aber seine Anwendung auf Regentropfen einzuschränken ist auf das sehr enge Größenintervall von Tropfen, welche zwar zu groß sind für den Fall a, aber doch noch so klein, daß ihre Oberflächenspannung sie dauernd vor merklicher Deformation durch innere Wirbel schützt, ein Intervall, welches etwa von 0.3 bis 0.5 *mm* Durchmesser geht.

Für größere Tropfendurchmesser hat Prof. Lenard die Endgeschwindigkeiten durch direkte Beobachtungen ermittelt und findet, daß dieselbe für Tropfen von 1 *mm* Durchmesser 4.4 *m* pro Sekunde betragen, für solche von 2 *mm* Durchmesser 5.9 *m*, von 3 *mm* Durchmesser 6.9 *m*, von 4 *mm* Durchmesser 7.7 *m* ,von 4.5 bis 5.5 *mm* Durchmesser aber 8 *m* pro Sekunde.

Die eigentlichen Regentropfen, nämlich solche von rund 0.5 mm Durchmesser ab aufwärts, fallen nach dem Vorhergehenden nicht sehr verschieden schnell; die größten nicht viel mehr als doppelt so schnell wie die kleinsten. Zusammenstöße solcher Tropfen untereinander werden daher verhältnismäßig selten sein. „Außerordentlich häufig müssen dagegen die Zusammenstöße dieser Tropfen mit den in großer Zahl in der Wolke vorhandenen relativ fast ruhenden kleinern Tröpfchen sein, und dies ist jedenfalls die Art, in welcher die Regentropfen während ihres Fallens zur unten ankommenden Größe anwachsen. Denn die Geschwindigkeitsunterschiede bei diesen Stößen sind groß und können daher Zusammenfließen bewirken. Ein Versuch zeigte, daß ein 1.5 *mm* dicker, vollkommen benetzter Draht, welcher einem mit feinen Spraytröpfchen erfüllten, 10 *m* Sek. schnellen Luftstrome ausgesetzt war, eine Wassermenge aufnahm, welche etwa 50 % der gegen seinen Querschnitt zielenden Tröpfchen entsprach.

Die Größe eines Regentropfens kann danach zwar nicht als absolutes, aber doch im Vergleiche mit andern gleichzeitig gefallenen Tropfen als relatives Maß für die Zeit seines Verweilens in der Wolke gelten."

„Ebenfalls sehr häufig," fährt Prof. Lenard fort, „müssen aber auch Zusammenstöße der kleinen Wolkentröpfchen untereinander stattfinden, und eben diese Zusammenstöße sind es, welche, wenn sie zusammenfließen, zur Folge haben, zu zunehmendem Anwachsen der Tröpfchen und damit zum Regnen der Wolke führen. Tröpfchen von 0.01 *mm* Durchmesser sind beispielsweise fast als ruhend zu betrachten, gegenüber solchen von 0.03 *mm* Durchmesser, und daß derartige Größenunterschiede in Wolken die Regel bilden, geht aus der relativen

Seltenheit gut ausgebildeter farbiger Mondringe hervor. Nimmt man den mittlern Durchmesser der Wolkentröpfchen zu 0.02 *mm* an, ihren mittlern gegenseitigen Abstand zu 1 *mm*, so ergibt sich die Verschiebung, welche ein Tröpfchen relativ zu seiner Umgebung machen muß, um auf ein anderes zu stoßen, gleich 0.8 *m*. Sind also Tropfen von 0.01 bis 0.03 *mm* Durchmesser vorhanden, so würde diese gegenseitige Verschiebung, also der Zusammenstoß infolge der Fallbewegung für jedes mittlere Tröpfchen etwa alle 50 bis 80 Sekunden erfolgen. Daß trotz dieser häufigen Zusammenstöße nicht jede Wolke regnet, entspricht der Tatsache, daß zur Berührung gebrachte Flüssigkeitsmassen nicht leicht zusammenfließen. Es liegt dies daran, daß die an den Oberflächen der beiden Flüssigkeitsmassen haftende, sie trennende Luftschicht Zeit braucht, um zu entweichen. Soll danach eine Wolke regnen, so muß eine wenn auch noch so geringe Kraft vorhanden sein, welche verhindert, daß die zusammenstoßenden Tröpfchen sich wieder trennen, ehe die Luftschicht entwichen ist. Ist eine solche Kraft vorhanden, so ist der Regen ausgelöst.

Da Regentropfen immer elektrisch gefunden werden, ist es wahrscheinlich, daß elektrische Ladungen der Wolkentröpfchen diese Kraft liefern. Ein mit 0.000 005 elektrostatischen Einheiten geladenes Tröpfchen von 0.02 mm Durchmesser würde ein zweites gleiches unelektrisches, bei 0.001 *mm* Abstand der beiden Oberflächen bereits mit einer seinem Gewicht nahe gleichen Kraft festhalten, so daß es nicht wieder durch die Luft fortgeführt werden kann, deren Reibungskraft bei der Fallbewegung von der Größenordnung des Gewichtes ist. Es ist dies eine Ladung, deren Hundertfaches jedem gewöhnlichen Regentropfen zugeschrieben werden kann. Zu bemerken ist aber, daß eine einigermaßen dichte Anhäufung von Tröpfchen der angegebenen Ladung, dieselbe überall gleichnamig gedacht, die Eigenschaften einer gewaltigen Gewitterwolke haben würde."

Die im Luftstrome des Ventilators schwebenden großen Tropfen zeigten in den Versuchen Prof. Lenards häufig die Erscheinung des plötzlichen Zerfahrens in kleine Tropfen, welche alsdann, nach aufwärts getrieben, seitlich den Luftstrom verließen. Das Zerfahren trat immer erst nach einigem Schweben ein; glitt der schwebende Tropfen frühe genug aus dem Luftstrome heraus, so entging er dem Zerfahren selbst beim Durchmesser von 6.4 mm. Dagegen zerfuhren Tropfen von 4.5 *mm* Durchmesser auch nach 3 bis 5 Sekunden langem Schweben nicht. Hatte ein größerer Tropfen einige Sekunden lang besonders ruhig geschwebt, was allerdings ein nicht sehr häufig vorkommender Fall war, so konnte man die charakteristische Erscheinung beobachten, meist nach vorausgegangener geringer Aufwärtsbewegung des Tropfens, daß er plötzlich in einen schönen Kranz kreisförmig angeordneter, äquidistanter, einander gleicher kleinerer Tropfen sich verwandelte. Es mochten meist 7 bis 9 Tropfen im Kranze gewesen sein. Nach unruhigem Schweben erfolgte nur unregelmäßiges Zerfahren, was der gewöhnliche Fall war.

Sehr günstig war für das Zerfahren das plötzliche Auftreffen des bereits deformierten Tropfens auf einen schnellern Luftstrom. Um zu sehen, ob bei genügend großer, plötzlicher Änderung der Luftgeschwindigkeit auch kleinere Tropfen zerfahren können, ließ Prof. Lenard solche von 2.2 und 4.0 *mm* Durchmesser etwa 60 *cm* hoch durch ruhige Luft herab in einen etwas schräg, fast senkrecht nach aufwärts blasenden Luftstrom von 6 *cm* Breite und 10 *m* Sek. Geschwindigkeit fallen. Die Tropfen durchsetzten den Luftstrom nicht, sondern wurden von demselben erfaßt und seitlich nach aufwärts fortgeworfen. Auffangen auf Löschpapier zeigte aber, daß sie dabei ausnahmslos ganz blieben.

„Man kann daher," bemerkt Prof. Lenard, „sagen, daß Regentropfen bis zu 4 mm Durchmesser unter allen Windverhältnissen unversehrt ihren Weg durch die Luft finden werden, daß dagegen solche von 5.5 mm oder gar größere nur für die Dauer weniger Sekunden bestehen können.

In der Tat hat er auch bei einer größern Zahl von Regen, worunter auch einige Wolkenbrüche waren, größere Tropfendurchmesser als 5.2 *mm* nicht ge-

funden. J. Wiesner fand 4.9 bis 5.3 *mm* (0.06 bis 0.08 g) nicht selten als größte Tropfendurchmesser (bzw. Gewichte) tropischer Regen, 6.2 *mm* (0.125 g) bei einem Augustplatzregen in Oberösterreich, 6.7 *mm* (0.16 g) aber selbst in den Tropen selten und 7.3 *mm* (0.2 g) niemals. „Bei Regen der letztern Art, mit Tropfengrößen von 5.5 *mm* und darüber, muß“, wie Prof. Lenard bemerkt, „eine fortwährende Umwandlung der Tropfen in der Luft statthaben, derart, daß jeder Tropfen, welcher 5.5 *mm* bereits erreicht hat, zerfährt, ehe drei weitere Sekunden vergehen, oder ehe er 24 *m* bei ruhender Luft durchfallen hat; die größern Bruchstücke werden im Fallen durch Vereinigung mit kleinsten, auf die sie stoßen, wieder anwachsen, um alsbald wieder zu zerfahren und so fort in Wiederholung. Soll dieser Prozeß eine sehr merkliche Anzahl jener unbeständigen, großen Tropfen auf der Auffangfläche ergeben, so muß er genügend häufig in der Luft sich abspielen, d. h. die Fallhöhe (bzw. die Zeit), innerhalb welcher die größern Bruchstücke (4 *mm*) wieder zu 5.5 *mm* anwachsen, darf nicht sehr groß sein gegen jene 24 *m* (bzw. 3 Sekunden). Dies setzt einen Wasserreichtum in der Luft voraus, welcher, wie die Seltenheit jener großen Regentropfen anzeigt, nur selten vorkommt.“

Was den Einfluß aufsteigender Luftströme auf die Tropfengröße anbetrifft, so bemerkt Prof. Lenard hierüber u. a. folgendes: „Das Aufsteigen der Luft ist zur Lieferung des Wasservorrates Vorbedingung für jeden Regen, doch genügen für die Wassermengen der allermeisten Regen schon sehr geringe Luftgeschwindigkeiten. Beispielsweise würde ein bei 20° gesättigter Luftstrom von etwa 1.2 *m*/Sek. bei Abkühlung auf 6° genügen, um einen Wolkenbruch von 0.72 *mm*/Min. Regenhöhe zu unterhalten. Ein solcher Luftstrom würde nur die kleinsten Tröpfchen unter 0.2 *mm* Durchmesser am Herabfallen verhindern, er kann aber im übrigen den eigentlichen Regentropfen gegenüber als nicht vorhanden angesehen werden. Stärker aufsteigende Luftströme werden dagegen einen bedeutenden Einfluß auf den Charakter der unten ankommenden Tropfenmischung haben müssen. Eine Geschwindigkeit von 8 *m*/Sek. würde sogar alles Herabfallen von Regen verhindern, und darüber hinausgehende Geschwindigkeiten würden, solange und soweit sie bestehen, beliebig große Wassermengen in beliebige Höhen hinaufheben können. Eine konstant vorhandene Geschwindigkeit von 7 *m*/Sek. würde nur die Größenklassen 3.5 *mm* und darüber fallen lassen, alle kleinern aber oben halten, und für 6, 5, 4 *m*/Sek. würde die kleinste noch fallende Klasse 2.5, bzw. 1.5, 1.0 *mm* sein. Erst bei 3 *m*/Sek. könnten zum ersten Male alle Größenklassen auf der Auffangfläche erscheinen. Regen, deren Zusammensetzung den Luftgeschwindigkeiten 7, 6 und 5 *m*/Sek. in dieser Weise entspräche, habe ich nie beobachtet. Dennoch können aufsteigende Luftströme dieser Geschwindigkeiten nicht selten sein, denn sie kommen horizontal oft vor. Es wird ihnen aber die zur Sonderung der Tropfengrößen nötige Kontinuität fehlen, wie auch die horizontalen Luftströme niemals kontinuierlich sind.“

„Liegt die obere Grenze der aufsteigenden Geschwindigkeit nicht weit unter 8 *m*/Sek. oder darüber, so wird der Luftstrom zeitweilig, bzw. stellenweise, beträchtliche Wassermengen in große Höhen werfen können, wobei den Tropfen Zeit zum Anwachsen gegeben ist, so daß auch der erörterte Prozeß des Zerfahrens und Wiederanwachsens sich wird abspielen können. Es werden daher zu Zeiten, bzw. an Stellen geringerer Windgeschwindigkeit überwiegend Tropfen der größten Klassen — oder, wenn oben Frieren stattgefunden, Hagelkörner — von solchen Umwegen herabkommen, während die gleichzeitig direkt aus der Wolke fallenden Tropfen viel kleiner sein müssen. Zusammenfassend kann man den Charakter der Tropfenmischung, welchen starke, diskontinuierliche, aufsteigende Luftströme erwarten lassen, beschreiben als bestehend in dem Fehlen oder sehr verminderten Vorhandensein der kleinsten Tropfenklasse, in dem Vorhandensein größter, eben noch beständiger Tropfen, vermischt mit kleinen, aber beim Fehlen von Zwischenstufen.“ Prof. Lenard hat für Regen dieser Tropfenmischung den Namen „tumultuarisch“ gewählt.

Diesen stehen die stillen Regen gegenüber. „Ein aufsteigender Luftstrom mit Geschwindigkeiten zwischen 2 und 0 *m*/Sek. genügt, wie erwähnt, zur Speisung gewöhnlicher Regen, läßt aber die Bewegung und das Wachsen der eigentlichen Regentropfen im wesentlichen wie in ruhender Luft vor sich gehen, auch wenn seine Geschwindigkeit in diesen Grenzen veränderlich ist; daher der für Regen dieser Art gewählte Name Hierher gehören wohl die meisten gewöhnlichen Landregen. Die Größe jedes unten ankommenden Tropfens kann in diesem Falle proportional der Dicke der von ihm durchfallenen Wolkenschicht gesetzt werden. Regnete daher eine homogen beschaffene Wolke aus ihrem ganzen Volumen gleichmäßig, so müßte sie gleichviel Tropfen jeder Klasse liefern, von der kleinsten bis zur größten überhaupt vertretenen. Dies scheint aber nicht oft vorzukommen. Es finden sich meist mehr kleinere als größere Tropfen, was anzeigt, daß die meisten Tropfen in den untern Teilen der Wolkenschicht ihren Ursprung nehmen. Übergänge von stillem zu tumultuarischem Charakter von Regen werden stattfinden müssen, wenn die aufsteigende Luftgeschwindigkeit zwar 2 *m*/Sek. übersteigt aber 8 *m*/Sek. nicht nahe kommt."

Die unmittelbare Kondensation der atmosphärischen Feuchtigkeit aus Wolken auf hochliegenden Flächen. Im südwestlichsten Teile von Kapland fällt in den (Sommer-) Monaten Dezember, Januar und Februar nur 8% der jährlichen Regenmenge, ja bisweilen in zwei Monaten kein Tropfen. Die Vegetation ist dann dementsprechend ärmlich, dagegen findet man in den höher liegenden Berggebieten eine recht üppige Vegetation, trotzdem auch dort eigentliche Regenfälle während der Sommermonate sehr selten sind. R. Marloth hat nun beobachtet, daß, wenn diese hohen Gebiete bei Südostwind von Wolken bedeckt werden, die Gräser und Büsche sich mit Wassertropfen bedecken. Um diese Kondensation genauer festzustellen, errichtete er [1]) im Sommer 1902 bis 1903 auf dem Tafelberge eine Station mit zwei Regenmessern, von denen einer wie gewöhnlich konstruiert war, während der andere ein Drahtgewebe besaß, in welchem Riedgräser befestigt waren. Als am 1. Januar 1903 (nach 21 Tagen) beide Regenmesser revidiert wurden, war der erstgenannte trocken, der andere dagegen enthielt 14.64 engl. Zoll Wasser. Während eines Zeitraumes von 56 Tagen wurden in dem offenen Regenmesser 4.97 Zoll Wasser, in dem mit Riedgräsern bedeckten 79.84 Zoll abgelesen; hier war also eine Menge Feuchtigkeit kondensiert, welche 74.87 Zoll Regen entsprach, außerdem war die drei letzten Male der Regenmesser übergeflossen. Da nun die Jahreszeit der Südostwolken doppelt solange dauert als der Versuch, so ist die Annahme nicht übertrieben, daß im Sommer, abgesehen vom Regen, eine Kondensation von mindestens 150 Zoll der Vegetation zugeführt wird.

Der Schneesturm vom 18. bis 20. April 1903 in Ostdeutschland ist von Dr. G. Schwalbe dargestellt worden. [2]) Dieser Schneesturm

[1]) Transact. of the South African. Philos. Soc. 14. p. 403.
[2]) Annalen d. Hydrographie usw. 1904. p. 62.

gehört zu den hervorragendsten Witterungsanomalien der letzten Jahrzehnte, und zwar ist er aus zwei Gründen bemerkenswert, nämlich einmal wegen der großen Niederschlagsmengen in Form von Schnee, welche vielfach eine Schneedecke erzeugten, die nicht nur für die Jahreszeit eine ungewöhnliche Höhe erreichte, sondern selbst im tiefsten Winter als abnorm angesehen werden müßte. Außerdem aber muß der am 19. herrschende außerordentlich heftige Sturm hervorgehoben werden, indem an diesem Tage ein starkes Zusammendrängen der Isobaren erfolgte, welches nach der Wetterlage der vorangehenden Tage nicht hatte vorausgesehen werden können.

Die Ergebnisse, zu welchen Verfasser gelangt, faßt er in folgende Sätze zusammen:

1. Die starken Schneefälle am 19. und 20. April 1903 über einem großen Teile von Ostdeutschland sind als die Folge des Fortschreitens eines über Oberitalien gelegenen Minimums, etwa auf der Zugstraße VB, nach Norden und für die nördlichern Teile des betroffenen Gebietes gleichzeitig der Vereinigung dieses Minimums mit einem zweiten, welches am Abende des 17. über der Ostsee lag, anzusehen.

2. Der Sturm, welcher die Schneefälle begleitete, ist in erster Reihe aus der bedeutenden Vertiefung des Luftdruckes, welche bei der Vereinigung der beiden Minima eintrat, während der Luftdruck im Westen unverändert hoch blieb, zu erklären.

3. Die Tatsache, daß der hohe Luftdruck bei Annäherung des Minimums seinen Ort nicht veränderte, sondern sich längere Zeit hindurch unverändert hielt, erklärt sich zum Teile aus dem Herannahen einer neuen Depression im Westen. Unerklärt bleibt hierbei die Tatsache, daß das Maximum sich zunächst nicht verflachte.

4. Der ziemlich plötzliche Übergang von trockenem Wetter im Westen zu sehr niederschlagsreichem im Osten der Elbe kann nur durch den Verlauf der Isobaren in einem höhern Niveau seine Erklärung finden.

Die Staubfälle vom 19. bis 23. Februar 1903 über dem nordatlantischen Ozeane, Großbritannien und Mitteleuropa hat Prof. Dr. E. Herrmann untersucht.[1]) Der Staub rührte von einem Sandsturme in der Sahara am 18. Februar 1903 her, wo an jenem Tage starke atmosphärische Störungen stattfanden, die im Atlasgebiete reiche Niederschläge brachten. Der Unterschied gegen den Staubfall vom März 1901 bestand darin, daß der Staub nicht wie damals mit einer nach Norden sich fortpflanzenden Depression fortgeführt wurde, sondern daß er mit der herrschenden Luftströmung in ferne Gegenden gelangte. Über dem mittlern und westlichen Europa,

[1]) Annalen d. Hydrographie usw. 1903. Heft 10 u. 11. — Naturw. Rundschau 1904. p. 97.

einem Teile des nordwestlichen Afrika und den an Westeuropa angrenzenden Meeresgebieten lag nämlich am 18. Februar ein abgerundetes Hochdruckgebiet mit einem Maximum des Luftdruckes von über 780 *mm* über dem nordwestlichen Alpengebiete. Dieses Hochdruckgebiet war rings umgeben von einem Gebiete niedrigern Luftdruckes, in dem lebhafte zyklonale Erscheinungen auftraten. Ferner befand sich zwischen den Azoren und den Kanarischen Inseln eine Depression, welche den Passat in jenen Gegenden störte. Nach Nordwesten und Norden hin war das Maximum durch ein großes Depressionsgebiet begrenzt. Nach dem Osten Rußlands hin nahm der Luftdruck gleichfalls ab. Von der östlichen Luftströmung der höhern Schichten der Atmosphäre im Süden des Hochdruckgebietes getragen, wurden die Staubmassen nach den Kanarischen Inseln geführt. Sie gelangten so an die Südwestseite des Hochdruckgebietes, und hier teilte sich die staubführende Strömung. Ein Teil schloß sich den südöstlichen Winden an der Südwestseite des Hochdruckgebietes an und nahm die Richtung nach den Azoren; der andere Teil wurde in südlicher Richtung abgelenkt. Indem sich nämlich der höhere Druck sowohl von Nordosten her über Madeira und die Kanarischen Inseln als auch von Westen her in der Umgebung des 40. Breitengrades weiter vorschob, so daß in diesen Gegenden ein von Westen nach Osten in Zusammenhang stehendes Hochdruckgebiet sich bildete, wurde die Passatströmung wieder hergestellt, welche den Staub bis in die Gegend der Kap Verdischen Inseln führte. Aber auch der nach Nordwesten getriebene Staub erfuhr in der Gegend der Azoren eine nochmalige Teilung. Indem nämlich im Laufe des 21. Februar auch südlich und südöstlich von den Azoren eine nördliche und nordöstliche Luftströmung einsetzte, wurde ein Teil des Staubes von den Azoren in westlicher und südwestlicher Richtung vertrieben. Der größere Teil wurde aber von der sehr lebhaften südwestlichen Luftströmung in den Grenzgebieten des Hochdruckgebietes gegen eine tiefe, über dem Nordatlantischen Ozeane liegende Depression aufgenommen. Mit dieser Luftströmung ist der Staub nach Großbritannien und Mitteleuropa gelangt.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Staubfälle war auf dem ganzen Wege 20 bis 25 *m* in der Sekunde, etwa wie im März 1901. Naturgemäß fielen näher am Ursprungsorte zunächst die gröbern Staubteile heraus: In Belgien war der Staub noch sehr konsistent; in den südlichsten Teilen Zentraleuropas äußerte er sich nur noch in einer Dunstbildung. Die besondere Erwärmung und Trockenheit, welche in jenen Tagen in vielen Gegenden Mitteleuropas beobachtet wurde, erklärt der Verf. aus einer Mischung der über Europa hinstreichenden Luft mit aus südlichern Gegenden stammender, wärmerer. Auch wurden die in der Luft schwebenden Staubteilchen unmittelbar durch die Sonne erwärmt und hierdurch die Temperatur und Trockenheit der Luft nicht unwesentlich gesteigert.

Der Staubfall des 19. April 1903 im mittlern Elbgebiete ist von Dr. Meinardus untersucht worden.[1]) Dieser Staubfall hatte hiernach seinen Ursprung nicht in der Sahara, sondern stand mit den schweren Stürmen und Schneefällen in Verbindung, die um diese Zeit das östliche Deutschland heimsuchten.

Auf der Westseite einer tiefen Depression, die, aus Süden gekommen, am Abende des 18. April über Polen lag und von dort langsam nach der ostpreußischen Küste fortschritt, entwickelten sich im Laufe des 18. stürmische Winde aus dem nordwestlichen Quadranten, die in den östlichen Provinzen von um diese Jahreszeit ungewöhnlich starken Schneefällen begleitet waren. Im Laufe des 19. erreichte die Luftbewegung an vielen Orten orkanartige Stärke, so daß die niederfallenden Schneemassen meist zu hohen Schneewehen aufgetürmt wurden, die, wie erinnerlich sein wird, auf vielen Eisenbahnstrecken tagelang den Verkehr vollständig unterbanden.

Am 19. April, als der Nord- und Nordweststurm die größte Intensität erreichte, nahm im Laufe der Vormittagsstunden auf einem Gebiete, das, soweit es sich aus den eingesandten Berichten ersehen läßt, das südliche Brandenburg, Teile des Königreichs Sachsen und Nordböhmens umfaßt, der Himmel eine schmutzige, gelbbraune Färbung an, die bis gegen Abend anhielt. Dabei wurde an vielen Orten, an denen gleichzeitig Schneefall auftrat, ein graubrauner Staubniederschlag beobachtet, der besonders im südöstlichen Brandenburg und auf der Schneekoppe größere Intensität gehabt hat, so daß es gelang, Staubproben als Rückstände aus geschmolzenem Schnee in größern Quantitäten zu sammeln.

Es handelt sich hier um ein zwar lokal beschränktes Phänomen, aber eines von bedeutender Intensität, wenn man bedenkt, daß viele Stunden lang bei anhaltendem Sturme Staubmassen in derselben Richtung an den Beobachtungsorten vorüber getragen wurden. Dr. Meinardus kam zuerst während der Beobachtung auf den Gedanken, daß es vielleicht die Rauchmassen der nahen Großstadt sein könnten, die an seinem Wohnorte die Luft undurchsichtig machten. Indes mußte er diese Erklärung bei näherer Erwägung von der Hand weisen, da der Wind nordwestlich war, und die stärkste Trübung in dieser Richtung lag, während der Hauptteil der Stadt sich im Norden und Nordosten befindet. Auch schien die braungelbe Färbung der Luft nicht wohl durch Kohlendünste veranlaßt zu sein, und der durch die Fensterritzen eindringende Staub zeigte eine ziemlich grobkörnige Struktur und die Farbe von Ackererde. Da der Boden in den nordwestlichen Teilen von Brandenburg und Sachsen, sowie in Mecklenburg um diese Zeit noch schneefrei war, so lag es nahe, anzunehmen, daß der mit unerhörter Kraft tobende Sturm auf weite Strecken hin Staub von dem Acker- und Sandboden aufwirbelte und nach Süden

[1]) Das Wetter 1903. Heft 12.

und Südosten hin mit sich trug. Diese Erklärung findet eine Stütze durch die Ergebnisse der mineralogischen Analyse, die von Dr. F. v. Wolff an einigen der eingesandten Staubproben vorgenommen wurde.

Nach der ganzen Lage der Verhältnisse am 19. April dürfte die Erscheinung somit genügend erklärt sein. Die Trübung der Luft und der Staubfall zeigten sich in und südlich von den Gebieten, die noch schneefrei waren, während der größten Intensität des Sturmes. Daß nicht auch später bei anhaltendem Sturme der Luft Staub beigemengt war, ist nicht verwunderlich, da sich in der Nacht vom 19. zum 20. April in den nördlichen Gebieten ebenfalls Schneefall einstellte und dadurch den Boden der Deflation entzog.

Ein sogenannter Tintenregen ist in den Morgenstunden des 15. März 1903 über die Stadt Louisburg in Nordcarolina niedergegangen. Aus Neugierde wurde das schwarze Wasser aus den Pfützen von den Eingeborenen vielfach gesammelt und aufgehoben, und so kam es in die Hände von zwei Professoren der Nordcarolinauniversität, die das Ergebnis ihrer Prüfung in der „Science“ veröffentlichten. Etwa 60% des Rückstandes bestanden aus organischen Stoffen, hauptsächlich aus Ruß. Auffallend jedoch war der Gehalt an Mineralien, namentlich Chlorverbindungen, unter denen das Kochsalz in größter Menge. Außerdem waren noch andere Natrium- und einige Kalziumsalze vorhanden, sodann Spuren von Eisen, Mangan, Aluminium und Zink. Vor dem Niedergange des Regens waren keine besondern Erscheinungen bemerkt worden, außer einer ungewöhnlich schwarzen Wolke, die eine so dichte Dunkelheit verbreitete, daß für eine halbe Stunde die Lampen angezündet werden mußten. Es hatte schon mehrere Tage vorher geregnet, ehe das ungewöhnliche Ereignis eintrat. Nach einigen Tagen wurde das bis dahin völlig schwarze Wasser in den Pfützen klar, nachdem sich die schwarzen Sinkstoffe daraus niedergeschlagen hatten. Wodurch die eigentümliche Färbung des Regens entstanden war, ließ sich nicht ermitteln, obgleich aus der chemischen Untersuchung zu entnehmen ist, daß eine starke Verunreinigung der Luft durch Kohlenrauch dabei im Spiele gewesen sein muß. Eine derartige Schwarzfärbung von Regen und Schnee ist überhaupt zuweilen beobachtet worden, jedoch müssen die sie bedingenden Verunreinigungen der Luft zeitweilig einen sehr weiten Transport durch den Wind erfahren.

Einfluß des Mondes auf die Niederschläge. Guido Lamprecht (Bautzen) hat eine Untersuchung hierüber angestellt. „Untersucht man,“ sagt er, „den Einfluß der synodischen Bewegung des Mondes auf das Wetter oder den der anomalistischen getrennt für sich, so findet er sich im Durchschnitte der Jahrzehnte gleich Null. Dagegen zeigt er sich über Erwarten groß, wenn man die Neumonde und Voll-

monde trennt, je nachdem sie mit der Erdnähe zusammenfallen oder nicht.

Um monatliche Wetterbeobachtungen nach dieser zusammengesetzten Periode zu gruppieren, hat er die einzelnen Stellungen des Mondes in jedem dieser Kreisläufe nach Hundertsteln ausgedrückt und dann für den Anfang des Monates ihren Unterschied gebildet. Es wurden alsdann die Beobachtungen geordnet nach Zehnteln der Differenz: Mittlere Anomalie (d. i. der Winkel: Erde—Mond in der elliptischen Mondbahn von der Erdnähe ab gezählt) weniger mittlere Phase (Winkel: Erde—Mond von der Richtung Erde—Sonne ab gemessen). Bei 0.00 dieser Periode fällt also die Erdnähe auf den Neumond, bei 0.25 auf das letzte Viertel, bei 0.50 auf den Vollmond, bei 0.75 auf das erste Viertel. Die Dauer dieser Doppelperiode beträgt 411.79 Tage.

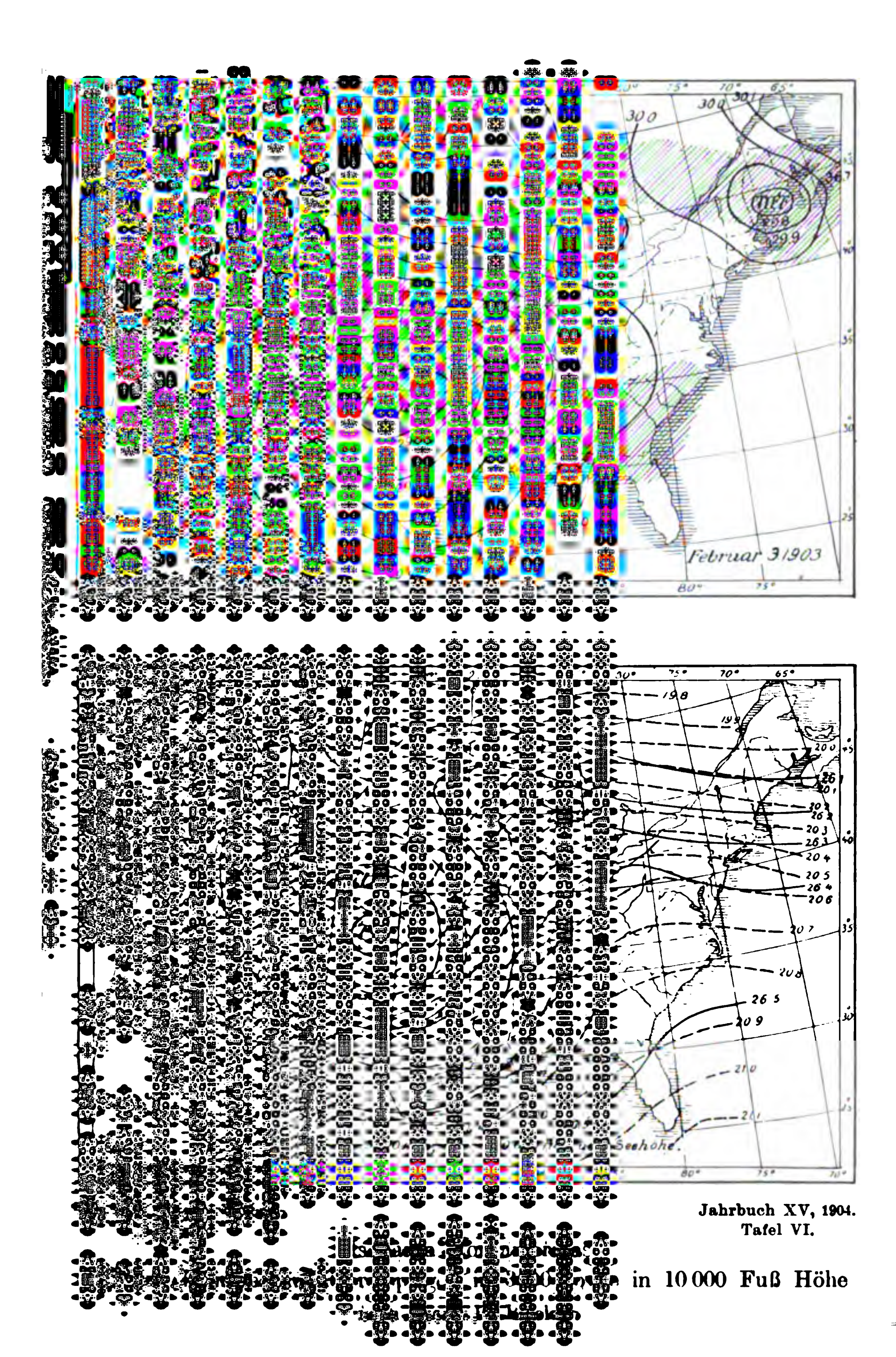
Lamprecht benutzte nun die monatlichen Niederschlagssummen 1. von 40 norddeutschen Stationen in den 38 Jahren von 1857 bis 1894 und 2. von durchschnittlich 98 Stationen auf Java und Madeira in den 24 Jahren von 1879 bis 1902. Diese niederländischen Beobachtungen umfassen die ungeheuere Niederschlagssumme von 5900 m. In jeder Monatsreihe wurde endlich die halbe Anzahl mit den größten Summen als naß, die andere Hälfte als trocken bezeichnet, um den Einfluß der Jahreszeiten möglichst auszuschalten."

Das Ergebnis ist folgendes:

Zehntel der Mondperiode	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	1.	2.
Norddeutschland:	Vollmond-Erdnähe					Neumond-Erdnähe				
Zahl der trocknen Monate	23	21	20	19	15	26	27	34	23	20
„ „ nassen „	23	26	22	26	32	19	18	14	22	16
Java: „ „ trocknen „	15	13	10	13	10	13	15	18	21	16
„ „ nassen „	16	18	17	16	19	15	13	11	8	11

Die Zahlen besagen folgendes: In Norddeutschland wie auf Java ist, abgesehen von andern Ursachen, Trockenheit zu erwarten, wenn die Erdnähe des Mondes dem Neumonde näher liegt als dem Vollmonde (Nordd. 10. Zehntel der Tabelle 34 : 14, Java 1. Zehntel 21 : 8), umgekehrt Nässe, wenn die Erdnähe dem Vollmonde näher fällt als dem Neumonde (4. bis 7. Zehntel der Tabelle: Nordd. 75 : 106, Java 46 : 70). Diese Regel gilt für alle Länder, wo der meiste Regen beim höchsten Sonnenstande fällt.

„Ferner," sagt Lamprecht, „ist deutlich zu erkennen, warum man keinen Einfluß des Mondes auf den Niederschlag feststellen kann, wenn man nur den synodischen oder nur den anomalistischen Monat allein untersucht, denn die Stellung Vollmond—Erdnähe (= Neumond—Erdferne) erzeugt im Mittel mehr Niederschlag, die Stellung Vollmond—Erdferne (= Neumond—Erdnähe) mehr Trockenheit, und das gleicht sich gerade aus, wenn man diese von mir getrennten Stellungen nicht unterscheidet."



in 10 000 Fuß Höhe

Luftbewegung, Wind und Sturm.

Die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre ist von W. Hildebrandsson und Teisserenc de Bort auf Grund ihrer Untersuchungen dargestellt worden.[1]) Die Ergebnisse faßt Schlee wie folgt zusammen:[2])

1. Über dem thermischen Äquator und den „äquatorialen Kalmen" existiert während des ganzen Jahres eine Strömung aus O, welche in großen Höhen eine sehr große Geschwindigkeit zu haben scheint.

2. Über den Passaten herrscht ein Antipassat, der auf der nördlichen Halbkugel aus SW und auf der südlichen aus NW kommt.

3. Dieser Antipassat überschreitet nicht die polare Grenze des Passates. Er wird auf der nördlichen Hemisphäre mehr und mehr nach rechts und auf der südlichen nach links abgelenkt, so daß er schließlich zu einer Weströmung über dem barometrischen Maximum der Wendekreise wird, wo er herabsteigt, um den Passat zu speisen.

4. Die Regionen, welche an der äquatorialen Grenze des Passates liegen, treten je nach der Jahreszeit bald in den Passat, bald in die äquatorialen Kalmen ein. Über ihnen gibt es folglich einen obern Monsun: den Gegenpassat im Winter und den äquatorialen Oststrom im Sommer.

5. Von den Hochdruckgebieten der Wendekreise nimmt der Luftdruck im Durchschnitte kontinuierlich nach den Polen zu ab, wenigstens bis über die Polarkreise hinaus. Daher wird die Luft der gemäßigten Zonen in einen ungeheuern polaren Wirbel hineingezogen, der sich von W nach O dreht. Diese Drehbewegung scheint von derselben Natur wie diejenige einer gewöhnlichen Zyklone zu sein: die Luft der untern Schichten nähert sich dem Zentrum, die der obern entfernt sich mit zunehmender Entfernung vom Erdboden immer mehr davon, bis zu den höchsten Regionen, aus denen wir Beobachtungen haben.

6. Die obern Luftschichten der gemäßigten Zonen breiten sich über die Hochdruckgebiete der Wendekreise hin aus und sinken dort herab.

7. Die Unregelmäßigkeiten, welche man an der Erdoberfläche findet, und zwar besonders in den asiatischen Monsungegenden, verschwinden im allgemeinen schon in der Höhe der untern oder mittlern Wolken.

Die Hypothese einer vertikalen Zirkulation zwischen den Wendekreisen und den Polen, welche man bis jetzt, Ferrel und J. Thomson folgend, angenommen hat, muß völlig aufgegeben werden.

---

[1]) Les bases de la météorologie dynamisque 1903. Livr. 6. Paris.
[2]) Petermanns Mitteil. 1904. Nr. 8. Literaturber. 16.

Diese Sätze stimmen mit denjenigen, welche Professor Hildebrandsson über die allgemeine Bewegung der Erdatmosphäre auf Grund der Cirrusbetrachtungen aufgestellt hat, im wesentlichen überein.[1])

Untersuchungen über vertikale Luftströmungen hat Dr. Felix M. Exner angestellt, die von großer Wichtigkeit sind.[2]) Tatsächlich sind zwar wohl die horizontalen Bewegungen der Luft für deren Druckverteilung auf der Erdoberfläche am maßgebendsten, allein geringe vertikale Bewegungen, die auf den Druck von kaum merkbarem Einflusse sind, bedingen das Erscheinen des heitern Himmels, der Wolken, des Niederschlages, kurz, bestimmen den Gesamtbegriff „Wetter", und so müssen jene, wenn auch für die dynamische Meteorologie von geringerm Belang, für die eigentliche Wetterkunde von großer Wichtigkeit sein.

Indem Dr. Exner unternahm, die Bedingungen vertikaler Luftbewegungen an der Hand der Hydrodynamik unter einfachen Voraussetzungen festzustellen, findet er u. a., daß bei vertikalen Bewegungen der Luft im stationären Zustande die Abnahme des Druckes mit der Höhe stets derart sein müßte, als würde eine vermehrte Schwerkraft wirken, gleichgültig ob in Zyklonen oder Antizyklonen.

Dr. Exner betont, daß es bei Voraussetzung des stationären Zustandes nicht möglich ist, aus einer gegebenen Druckverteilung in der Vertikalen die bestehende Bewegungsrichtung in dieser zu deduzieren, und daß es im allgemeinen zur Vorherbestimmung der eintretenden Änderung nicht genügt, die Druckverteilung in der Vertikalen zu kennen; auch die Kenntnis der bereits vorhandenen Bewegungen ist für dieselbe noch erforderlich, wodurch das Problem einer Vorausbestimmung der Luftbewegungen noch komplizierter erscheint.

Exner findet ferner aus seinen Formeln, daß bei gleichmäßiger Druckverteilung der absteigende Luftstrom ein Steigen des Druckes, der aufsteigende ein Fallen desselben zur Folge hat.

Dies steht in Übereinstimmung mit der sogenannten Erhaltungstendenz der Witterung und dürfte wohl deren physikalische Erklärung sein.

Ferner ist unter sonst gleichen Verhältnissen die vertikale Bewegung in warmen Gebieten größer als in kalten und bei hohem Drucke kleiner als bei niederm. Diese Folgerungen gelten aber mit Ausnahme der beiden letzten nur für die Nähe der Erdoberfläche; für größere Höhen kehren sich die Verhältnisse um.

---

[1]) Dieses Jahrb. 14. p. 359.
[2]) Sitzungsber. d. k. k. Akad. Wien. Mathem. naturw. Kl. 112. Abt. IIa.

Es scheint also, daß die Bedingung des verhältnismäßig tiefen Druckes zur Bildung von Niederschlag, wie sie unten galt, oben umgekehrt ist: Wenn in größerer Höhe der Druck an einem Orte gegen seine Umgebung verhältnismäßig hoch ist, dann wird daselbst Niederschlag sich bilden können. Ein Versuch, diese Verhältnisse aus den Beobachtungen abzuleiten, hat die Theorie bestätigt und zugleich eine Möglichkeit gegeben, die Größe der vertikalen Geschwindigkeit aus der Druckverteilung zu berechnen.

Um Theorien an der Hand der Tatsachen zu prüfen, war es notwendig, Wetterkarten für eine größere Höhe zu berechnen. Dr. Exner wählte dazu die Höhenstation Sonnblick in der Hoffnung, daß der aufsteigende Luftstrom daselbst trotz der Umgebung der Berge schon ziemlich ausgebildet sein werde; der Gipfel des Sonnblickes ist ja ziemlich spitz. Es wurden aus dem Jahre 1899 jene Tage ausgesucht, an welchen daselbst ein Niederschlag von 10 *mm* und darüber gefallen war; deren sind 54. Für diese Tage wurden mit Benutzung der Gipfelstationen Wetterkarten für die Höhe von 2500 *m* gezeichnet; allerdings wäre eine größere Höhe für die Untersuchung vorteilhafter gewesen, doch ist bei den vorhandenen Beobachtungspunkten (Ben Nevis, Ätna, Pic du Midi, Säntis, Sonnblick, Obir usw.) die Berechnung der Barometerstände wohl für 2500 *m* am ratsamsten.

Diese Wetterkarten zeigen nun schon bei bloßer Betrachtung zumeist im Bereiche des Sonnblickes, also dort, wo Niederschlag gefallen war, den Druck verhältnismäßig höher als in dessen Umgebung, während wir bei den Wetterkarten, die aufs Meeresniveau reduziert sind, uns daran gewöhnt haben, die Niederschläge im Bereiche des tiefsten Druckes zu suchen.

Es dürfte demnach als durch die Beobachtungen bestätigt gelten, daß die der Erdoberfläche zunächst liegenden und die höhern Schichten der Atmosphäre sich bezüglich der Bedingungen für die Entstehung eines vertikalen Luftstromes gerade umgekehrt verhalten: An der Erdoberfläche bedingt bei stationärem Zustande tiefer Druck aufsteigenden, hoher Druck absteigenden Luftstrom; in der Höhe findet aufsteigender Strom bei hohem Drucke, absteigender bei tiefem statt.

Wenn wir daher, so schließt Dr. Exner seine wichtige Untersuchung, z. B. vollkommen heitern Himmel über uns haben, der auf absteigende Luftbewegung schließen läßt, so müssen wir an der Erdoberfläche verhältnismäßig hohen, in der Höhe tiefen Druck voraussetzen; die Druckabnahme muß daher hier eine raschere sein als in der Umgebung, was der Fall sein wird, wenn auch die Temperatur daselbst rascher abnehmen wird; und tatsächlich ist im absteigenden Luftstrome die Abnahme der Temperatur mit der Höhe größer als sonst. Es scheint also auch dieser Schluß die Folgerungen aus der Theorie zu bestätigen. Im Grunde bedeutet dieselbe einfach: Wenn der Druck sich mit der Zeit nicht ändert, und an einem Orte horizontal

mehr Luft ab- als zuströmt, so muß zur Ersetzung derselben ein vertikaler Luftstrom, wenn derselbe konstant ist, nach aufwärts gerichtet sein, um dichtere Luft an den Ort hin-, dünnere aber wegzutransportieren und umgekehrt. Ist aber ein bis in große Höhen reichender aufsteigender Strom vorhanden, der unten tiefen, oben hohen Druck bedingt, so muß die Temperaturabnahme daselbst eine langsamere sein als in der Umgebung. Der Wasserdampf, welcher diese Temperaturverteilungen tatsächlich verursacht, scheint also die Bedingungen für die Ausbildung großer vertikaler Bewegungen zu schaffen.

Betrachten wir anderseits z. B. den Fall eines bis in größere Höhen hinaufreichenden tiefen Druckes, wie er wohl gewiß in einem Wirbelsturme obwalten wird; dann soll an der Erdoberfläche aufsteigender, in der Höhe absteigender Luftstrom vorhanden sein. Unwillkürlich erinnert dies an das sogenannte „Auge des Sturmes", ein Aufklaren im Zentrum, das wohl auf absteigenden Luftstrom zurückzuführen ist. Leider muß eine genauere Bestätigung dieser Ansichten der Zukunft überlassen werden.

Allgemein läßt sich also sagen: Im stationären Zustande wird tiefer Druck an der Erdoberfläche aufsteigenden, in der Höhe absteigenden, hoher unten absteigenden, oben aufsteigenden Luftstrom zur Folge haben; umgekehrt wird bei absteigendem Luftstrome in der Höhe tiefer, unten hoher Druck, bei aufsteigendem aber oben hoher, an der Erdoberfläche tiefer Druck herrschen und danach die horizontale Bewegung sein.

Ob die besprochenen Gesichtspunkte zur weitern Erklärung mancher Erscheinungen in den höhern Luftschichten verwendbar sein werden, und ob es von Vorteil sein kann, aus den telegraphischen Meldungen der Höhenstationen ein Bild der Druckverteilung in der Höhe zu gewinnen und nach diesen Gesichtspunkten zu beurteilen, um dasselbe vielleicht für die Prognose verwerten zu können, muß noch dahingestellt bleiben.

So viel scheint aus den obigen Ausführungen wohl zu folgen, daß an eine wirklich exakte Behandlung des Problemes der Luftbewegungen für die täglichen Wetterprognosen mit Hilfe des jetzt vorhandenen telegraphischen Beobachtungsmateriales nicht gedacht werden kann. Selbst die Kenntnis des Druckes und der Temperatur sowohl in ihrer horizontalen wie vertikalen Verteilung würde für die Wettervorhersage nicht ausreichen; es bedürfte dazu noch der Kenntnis der vertikalen Geschwindigkeit. Die geringen Erfolge der Prognose sind somit hauptsächlich auf Mangel von Berichten, nicht aber auf fehlerhafte Behandlung des Gegenstandes zurückzuführen. Bis daher nicht das Beobachtungsmaterial eine wesentliche Vermehrung erfahren haben wird, dürfte der rein empirische Weg der einzige für den Fortschritt in der Wetterprognose bleiben.

Über die Mechanik der Luftbewegung in Zyklonen und Antizyklonen hat Frank H. Bigelow bemerkenswerte Untersuchungen veröffentlicht,[1]) in der er sich gegen die Ansicht ausspricht, die Zyklone sei lediglich ein Wirbel innerhalb einer nach Osten gerichteten allgemeinen Luftströmung. Auf Grund der systematischen Beobachtungen, welche auf Veranlassung des nordamerikanischen Wetterbureaus angestellt werden, konstruierte Verf. den Verlauf der Isobaren an der Meeresoberfläche in 3500 Fuß (1067 *m*) und in 10 000 Fuß (3048 *m*) Seehöhe und kommt zu dem Ergebnisse, daß sich die Atmosphäre in einer ununterbrochenen Bewegung um den Pol von W nach O befindet, innerhalb deren die sogenannten Depressionen und Maxima eine mehr lokale oder vorübergehende Rolle spielen. Diese entstehen durch Eindringen von warmen in kältere Luftmassen.

Bigelow gibt eine Darstellung des Verlaufes der Isobaren über den Vereinigten Staaten am 3. Februar 1903 für die drei oben genannten Niveaus, die auf Tafel VI reproduziert ist. Die schwarzen Linien in Fig. 1 stellen nach den Beobachtungen die Isobaren im Meeresniveau dar, wobei der Barometerstand in englischen Zollen und Zehnteln derselben ausgedrückt ist. Fig. 2 zeigt in den ungeteilten schwarzen Linien die Verteilung des Luftdruckes für den 3. Februar 1903 in 3500 Fuß Höhe an. Die gebrochenen Linien bezeichnen dagegen die Luftdruckverteilung an dem nämlichen Tage in 10 000 Fuß Höhe.

Der Chinookwind. A. Burrow gibt eine interessante Schilderung dieses Windes. Die Bewohner der nordwestlichen Staaten der Union vom Ostabhange des Felsengebirges bis zur Küste des Großen Ozeanes kennen diesen warmen Winterwind längst, und er führt dort den Namen Chinook; allein seine eigentliche Natur ist erst später zutage getreten. Man hat in diesem Winde lediglich einen Föhn zu erblicken, neben dem aber der Föhn unserer Alpen in bezug auf Ausdehnung seines Gebietes völlig verschwindet. Unter dem Einflusse des Chinook steigt die Temperatur bisweilen im Zeitraume von weniger als einer Stunde um 20°. Dann rast der Wind mit Orkangeschwindigkeit dahin, frißt längs den Abhängen und auf der Ebene den Schnee im Augenblicke und erzeugt an Stelle der winterlichen Kälte eine fast sommerliche Hitze. Nach dem Berichte von Burrows war in Montana 1896 der Winter so früh und mit solcher Strenge eingetreten, daß die Viehzüchter den Verlust ihrer Herden vor Augen hatten. Am 1. Dezember aber sah man an vielen Orten den bis dahin wolkenlosen Himmel sich rasch mit düsterm Gewölk überziehen, diesem folgte ein rapides Steigen der Lufttemperatur, der Wind setzte mit großer Gewalt ein, und in einem halben Tage war

[1]) Monthly Weather Review 1903. **31**. Nr. 2. 1904. **32**. Nr. 5.

die über zwei Fuß hohe Schneedecke verschwunden. Ohne den Chinook könnten die Viehzüchter jener Gegend ihre Tiere wahrscheinlich nicht durch den Winter bringen. Unter seinem Einflusse taut der Schnee nicht eigentlich auf, sondern verdunstet fast sofort, in kurzer Zeit hat der Wind die ganze Prärie völlig getrocknet. Das günstige Klima von Saskatschewan, gegenüber den östlichen Teilen Nordamerikas unter denselben Breitengraden, ist eine Folge der warmen Chinookwinde, ebenso ermöglicht die warme westliche Luftströmung, daß in Isle à la Crosse (56° nördl. Br.) Ende September die Kartoffeln noch grün sind, während sie in Manitoba schon nach Mitte August bisweilen dem Froste erliegen. Der Chinook mildert auch, indem er zur Winterszeit gewaltige Schneemassen wegfrißt, die Überschwemmungen der Flüsse im Frühjahre, so daß die Jahre, in denen er selten auftritt, starke Hochwasser im Frühlinge und schlechten Wasserstand zur Sommerszeit aufweisen. Da dieser Wind seine hohe Temperatur lediglich dem Herabsturze von der Höhe der Gebirge in die Tiefen der Täler und Prärien verdankt, so ist es nicht wunderbar, daß er erst auf der Ostseite des Felsengebirges als heißer, trockener Westwind auftritt. Noch im Jahre 1875 erschien es dem Professor Macoun, als er jene Gegenden besuchte, rätselhaft, warum dieser Wind nicht erst die Westseite des Gebirgslandes erwärme, da er doch von dort komme und ostwärts Wärme verbreite. Er meinte, dieser seltsame Wind müsse vom warmen mexikanischen Meerbusen stammen und in der Höhe abgelenkt worden sein. Die Erkenntnis, daß dieser Wind lediglich ein Fallwind ist und seine Erwärmung nur dem Herabsturze der Luft aus der Höhe verdankt, gibt ungezwungen die Lösung des Rätsels. Auch erklärt sich dadurch, daß in Kalifornien und Oregon der Chinook als Ost- und Südostwind auftritt, weil nämlich die Bergregionen, von denen er herabkommt, dort gegen Osten hin liegen. Der sonderbare Name Chinook, den die Bewohner jener Gegenden diesem Winde geben, bezeichnete ursprünglich einen Indianerstamm, von dessen Aufenthaltsorte her den ersten Ansiedlern der warme Wind entgegenwehte.

Luftelektrizität.

Über die Ursache des normalen atmosphärischen Potentialgefälles und der negativen elektrischen Entladung hat Professor H. Ebert im physikalischen Institute der Technischen Hochschule zu München Untersuchungen angestellt. [1])

Der Gedankengang ist folgender: „Sowohl aus den Untersuchungen von Zeleny, wie den diesen nahestehenden von Townsend über die Ionendiffusion und ebenso aus den Versuchen von Villari und Simpson geht hervor, daß elektrische Ladungen von einem ionisierten Gase abgegeben werden, wenn dieses aus Gebieten mit höherer Ionenkonzentration durch enge Kanäle oder

1) Physikalische Zeitschrift 5. Nr. 5. p. 135.

Röhren in solche niederer Ionenkonzentration überströmt. Ist die Ionisierung normal, d. h. sind gleichviel + Ionen wie — Ionen in der Volumeneinheit enthalten, was zunächst wenigstens immer in der Nähe des ionisierenden Agens statthat, so wird negative Elektrizität abgegeben. Ist dadurch ein Überschuß an + Ionen eingetreten, so kann die ionisierte Luft aber auch positiv elektrisierend wirken, namentlich wenn durch Wiedervereinigung der Ionen die relative Zahl dieser übrigbleibenden + Ionen immer größer wird.

Nun haben die neuesten Untersuchungen von Elster und Geitel unzweifelhaft erwiesen, daß in dem Erdboden auch an Orten, wo dies früher nicht vermutet werden konnte, radioaktive Substanzen, namentlich Radium, in Spuren enthalten sind. Die von diesem dauernd ausgehende „Emanation" ist es, welche der Bodenluft die auffallend erhöhte Ionisierung erteilt, welche besonders in Kellern und Höhlen der Luft ein abnorm gesteigertes Leitvermögen verleiht. Dringt nun diese stark ionisierte Luft aus dem Erdboden heraus in die freie Atmosphäre, so muß sie bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben vorwiegend negative Ladungen abgeben; Luft mit einem Überschusse an positiven Ionen tritt aus dem Erdboden heraus und wird von hier aus durch Winde und aufsteigende Luftströme auch den höhern Schichten der Atmosphäre mitgeteilt. Hierdurch erklärt sich die negative Eigenladung der Erde, sowie der Überschuß an freien + Ionen in der Atmosphäre, namentlich in den untern Schichten derselben, welcher durch direkte Ionenzählungen in der natürlichen Luft nachgewiesen werden konnte. Damit erklärt sich aber auch die Erscheinung des permanenten Erdfeldes mit nach oben hin positivem Gefälle. Dieses wird nur gestört, wenn Niederschläge oder abnorme elektrische Verteilungen den geschilderten Verlauf vorübergehend überdecken.

Hiernach wird sich das normale Erdfeld namentlich dann und dort regenerieren, wann und wo starke Bodenerwärmungen oder barometrische Minima größere Mengen von Bodenluft den Erdkapillaren, Spalten, Hohlräumen im Gerölle oder Gesteine entsteigen lassen. Bei wachsendem Luftdrucke wird zwar ein Teil der äußern Luft wieder in den Erdboden hineingetrieben; diese ist aber sehr viel ionenärmer als die Bodenluft. Schon in mäßig großen, mit Bodenluft, die nicht einmal aus großen Tiefen genommen ist, erfüllten Räumen erhält man leicht Ionenmengen, welche die in den über dem Boden befindlichen Luftschichten enthaltenen um das Sechzigfache übertreffen. Die rückströmende Luft vermag also die Wirkung der aufsteigenden, viel ionenreichern Luft nur um geringe Beträge zu schwächen, wiewohl sie reicher an + Ionen ist; das Verhältnis von + Ladungen zu — Ladungen in der Atmosphäre übersteigt aber nur selten den Wert 1.2 bis 1.6. In dem Umstande, daß das ionisierende Agens unter dem Erdboden liegt, in der freien Atmosphäre über demselben aber bei weitem der Ionenverbrauch durch Wiedervereinigung den der Ionenerzeugung (soweit wenigstens die uns zugänglichen Luftschichten in Betracht kommen) überwiegt, liegt es begründet, daß der Elektrisierungsprozeß nicht umkehrbar ist bei wechselndem Luftdrucke. In dem dauernd strahlenden Radiumvorrate der Erdkruste liegt hiernach deren negative Ladung gegenüber der positiven Lufthülle von Anfang an begründet; der zur Trennung der Elektrizitäten und damit zur Herstellung des Erdfeldes dauernd benötigte Arbeitsaufwand wird aus dem ungeheuern Energievorrate der atmosphärischen Zirkulationen mit gedeckt, stammt also in letzter Instanz von der Sonne her.

Bei diesem Erklärungsversuche werden in natürlichster Weise die Erscheinungen des atmosphärischen Potentialgefälles in innigste Beziehungen zu denjenigen meteorologischen Faktoren gebracht, mit denen schon längst die Beobachtungen einen innern Zusammenhang ahnen ließen. Soviel ich sehe, ist dieser Zusammenhang tatsächlich ein solcher, daß er durch das hier vorgeschlagene Erklärungsprinzip unmittelbar verständlich wird. Freilich sind zur völligen Klärung der Verhältnisse noch weitere Studien nötig. Das eine möge schon jetzt hervorgehoben werden: Mehrfach ist bereits auf den eigentümlichen Parallelismus hingewiesen worden, der zwischen der täglichen

Periode des Luftdruckes und derjenigen der Luftelektrizität an demselben Beobachtungsorte besteht, und zwar sowohl für die einfache wie für die doppelte tägliche Periode. Dieser Zusammenhang mußte bei allen bisherigen Erklärungsversuchen unverständlich bleiben; jetzt werden beide Erscheinungen einfach als Ursache und Wirkung miteinander verknüpft. Freilich darf man nicht auf eine vollkommene zeitliche Koinzidenz der Maxima und Minima der beiden Wellen bzw. Doppelwellen rechnen. Es ist nicht zu vergessen, daß die Luft, wenn sie durch größern barometrischen Druck in die Erdkapillaren in reichlicherer Menge hineingepreßt wird, hier einen großen Widerstand zu überwinden hat. Ebenso wird beim Nachlassen des äußern Druckes das Zurückströmen der Luft namentlich aus den tiefern, emanationsreichern Schichten sich um mehrere Stunden verspäten können. Da es aber nach der hier vertretenen Auffassung auf die Strömungsgeschwindigkeit der ionisierten Luft durch die obern Schichten des Bodenmateriales ankommt, so müssen sich Phasendifferenzen zwischen Ursache und Wirkung, d. h. zwischen Luftdruckkurve und Potentialkurve, ergeben, die je nach den örtlichen Verhältnissen und der Jahreszeit verschiedene Beträge annehmen können. In der Literatur finden sich bereits zahlreiche Beispiele dafür.

Ein Körper, der wegen seines lockern Gefüges und wegen seiner von Wilson und Allen entdeckten andauernden, wenn auch schwachen Radioaktivität das geschilderte Phänomen in besonderm Maße unterstützen muß, ist der Schnee; er kann auch bei gefrorenem Boden selbst als wirksamer Ionisator auftreten; vielleicht erklären sich hieraus die verhältnismäßig hohen winterlichen Potentialwerte unserer Breiten. Natürlich werden andere meteorologische Faktoren modifizierend eingreifen, namentlich der Wasserdampfgehalt der Luft. Aber gerade die kondensierende Wirkung freier Ionen, und zwar das größere Kondensationsvermögen der negativen Gasionen gibt hier neue Gesichtspunkte an die Hand mit Rücksicht auf die durch ein reiches Beobachtungsmaterial gestützte Beziehung zum Dampfdrucke."

Die Frage ist nur, ob die Bodenluft wirklich imstande ist, die hier geforderten negativen Elektrisierungen hervorzurufen. Um dies zu entscheiden, hat Professor Ebert Versuche mit einem von ihm erdachten Apparate angestellt, welche durchaus zugunsten seiner Erklärung der fortgesetzten Regenerierung der negativen Erdelektrizität sprechen und auch in quantitativer Hinsicht als diese bestätigend anzusehen sind. Professor Ebert berechnet, daß bei uns die das elektrische Kraftfeld aufrecht erhaltende Ursache im Sommer pro Quadratmeter und Tag 39 elektrostatische Einheiten liefern muß. Nehmen wir, sagt er weiter, zunächst an, daß diese Elektrizität an der betreffenden Stelle selbst erzeugt würde dadurch, daß Bodenluft durch den betrachteten Quadratmeter der Erdoberfläche nach außen hindurchträte. Bodenluft, die im Sommer aus der verhältnismäßig geringen Tiefe von 1.4 m unter Rasen entnommen worden war, zeigte nach nur zweitägigem Stagnieren in einem Raume von 58 Litern einen Ionengehalt, der über 60 elektrostatische Einheiten Elektrizität für jedes Vorzeichen im Kubikmeter repräsentierte. Villari hat schon früher darauf hingewiesen, daß ionisierte Luft sehr rasch ihre Ladung abgibt, wenn sie durch lange und enge Röhren strömt, und namentlich dann, wenn die Röhren nicht gerade sind, sondern gewunden, so daß dieLuft oft an die Wände stößt. Deshalb läßt sich nur schwer ein Urteil darüber gewinnen, wie viele Ionen ein Kubikmeter Bodenluft im Erdboden selbst enthält. Noch viel weniger läßt sich abschätzen, welche Elektrizitätsmenge von derselben bei ihrer Wanderung durch die Erdkapillaren an die Wände derselben abgegeben wird, denn dies hängt offenbar sehr von der Beschaffenheit der Bodenmaterialien selbst ab. Für die normale Erdelektrizität kommt nur der Überschuß an Elektrizität in Betracht, den die negativen Ionen gegenüber den positiven abgeben, welche letztere ja in der Überzahl in die freie Atmosphäre entweichen. Zum Vergleiche zieht Professor Ebert die in dieser, während des Sommers bei uns in der Nähe der Erdoberfläche angetroffenen Elektrizitätsmengen selbst in Betracht. Mit

Hilfe des von ihm konstruierten Aspirationsapparates lassen sich diese Mengen mit hinreichender Genauigkeit bestimmen. „Es ergeben sich im Mittel etwa 0.37 elektrostatische Einheiten negativer Elektrizität und 0.55 Einheiten positiver Ladung im Kubikmeter, d. h. ein Verhältnis beider von rund 1.5 und ein Überschuß an positiver Ladung von 0.18 Einheiten pro Kubikmeter. Eine große Zahl von Messungen weist darauf hin, daß allerorten die Bodenluft außerordentlich viel ionenreicher als die Luft der freien Atmosphäre darüber ist. Dies hängt damit zusammen, daß nach den neuesten Untersuchungen von Elster und Geitel die selbststrahlende Materie überall im Erdboden verteilt ist und gerade im verwitternden Gesteine besonders gut aufgeschlossen zu sein scheint. Hier wird die Luft, die dauernd der Becquerelstrahlung der aktiven Substanzen ausgesetzt ist, enorm hohe Ionenbeträge annehmen können, deren Ladungen freilich auf dem Wege bis zur Oberfläche (wenigstens was die negativen anbetrifft) zum allergrößten Teile an die Erde selbst wieder abgegeben werden. So kann man im Gebirge auf alten Schutthalden sehr hohe Beträge an Emanation erhalten und doch nur normale Ionenführung in der Atmosphäre antreffen. Solche Oberflächenpartien müssen daher besonders viel zur negativen Erdelektrisierung beitragen. Die 39 elektrostatischen Einheiten, die wir pro Tag und Quadratmeter zur Aufrechterhaltung des normalen Erdfeldes, wie oben berechnet, benötigen, können in diesen Gegenden von Bruchteilen eines Kubikmeters Bodenluft geliefert werden, wie sie aus dem Boden leicht heraustreten können, auch wenn der Barometerstand während eines Tages nur um einen Millimeter schwankt. Freilich wird nicht jedes Bodenmaterial für diesen Regenerierungsprozeß geeignet sein; wir werden auf der Erdoberfläche zwischen konsumierenden und zwischen produzierenden Partien zu unterscheiden haben. An den Berggipfeln und Graten wird infolge des hohen Potentialgefälles, welches viele + Ionen sammelt, die negative Erdelektrizität besonders intensiv neutralisiert werden; in den Tälern, Klüften, Spalten und Höhlen des Felsgesteines, in den Trümmerfeldern und Schutthalden mit ihren zahlreichen Hohlräumen haben wir die Stätten zu erblicken, von denen aus die negative Ladung besonders reichlich nachgeliefert wird, und + Elektrizität in die Atmosphäre übertritt.

Es ergibt sich also ein Zirkulationsprozeß, bei dem positive Ladungen in den Talpartien in das Luftmeer austreten, auf den Höhengebieten wieder in den Erdkörper eintreten. Es scheint, daß dieser Prozeß unter Umständen im Erdstrome seinen Ausdruck findet, wenn er als Zweigstrom zu dieser Zirkulation auftritt. In der Tat fließt der (positive) Erdstrom ja im allgemeinen vorwiegend von unten nach oben; daher auch der so häufig konstatierte Parallelismus zwischen Erdstrom und luftelektrischen Vorgängen.

Auch die Vegetation wird einen spezifischen Einfluß ausüben können. Hier bieten sich viele neue Fragen. Indessen zeigt schon dieser erste einfache Überschlag, daß auch in quantitativer Beziehung der genannte Diffusionsprozeß das Erdfeld dauernd aufrecht zu erhalten vermag."

Die tägliche Schwankung der Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre hat Albert Gockel an verschiedenen Punkten der Schweiz und Nordafrikas gemessen,[1]) wobei er sich eines Elster-Geitelschen Apparates bediente. Die Beobachtungen in Freiburg (Schweiz) ergaben: 1. Die tägliche Schwankung der Zerstreuung ändert sich nicht wesentlich im Laufe des Jahres; im Winter ist sie etwas geringer, der Gang bleibt aber derselbe. 2. Im Verlaufe des Tages zeigt sich eine doppelte Schwankung, die beiden Minima liegen vor Auf- und Untergang der Sonne, die beiden Maxima um 4^h und 10^h nachmittags;

[1]) Archives des sciences physiques et nat. 1904 [4] 17. p. 93.

zwischen Mittag und 3^h nachmittags bemerkt man eine leichte Depression. 3. Das Abendminimum ist für die Zerstreuung positiver Ladungen sehr ausgesprochen, so daß das Verhältnis der positiven zur negativen sein Maximum bei Sonnenuntergang erreicht. In der Regel übersteigt es in der Ebene nicht sehr die Einheit.

Messungen auf dem Rothorne zeigten, daß die Zerstreuung ein Minimum mittags und zwei Maxima um 6^h vormittags und 6^h nachmittags besitzt; ähnliches hatte Saake in Arosa gefunden, während Le Cadet auf dem Montblanc eine ganz andere Kurve erhalten hat. In Zermatt begann die Zerstreuung, sowie die Sonnenstrahlen den Boden erreichten (gegen 9^h), zuzunehmen, sie blieb dann während des Tages stationär und sank schnell, nachdem die Sonne hinter den Bergen verschwunden war. In den Oasen war das Abendminimum sehr ausgesprochen, und auch in den Morgenstunden die Zerstreuung schwach, während sie im Laufe des Tages stationär war und an der tunesischen Küste keine tägliche Schwankung erkennen ließ. Diese Beobachtungen zeigen eine nahe Beziehung der Elektrizitätszerstreuung zum Gange der relativen Feuchtigkeit. Beim Maximum der relativen Feuchtigkeit, das am Morgen eintritt, zeigt sich das Minimum der Zerstreuung, und dem Minimum der relativen Feuchtigkeit entspricht das Maximum der Zerstreuung. Ausnahmen lassen sich durch eine gelegentliche Wahrnehmung Gockels erklären, nach welcher ein leichter, vom Boden aufsteigender Nebel eine Abnahme der positiven Zerstreuung bewirkte, indem er die Beweglichkeit der negativen Ionen verringerte. Die in der Nähe des Bodens sich abspielenden Vorgänge beeinflussen also die Leitfähigkeit der Luft sehr bedeutend und erzeugen das experimentell leicht nachweisbare Verhältnis zwischen Elektrizitätszerstreuung und Luftfeuchtigkeit, sowie den täglichen Gang beider. Dieser Einfluß reicht jedoch nicht bis zu den höchsten Stationen, wodurch die Beobachtungen Le Cadets auf dem Montblanc erklärt werden.

Die Elektrizitätszerstreuung in der Atmosphäre ist von P. Czermak in Innsbruck während eines Zeitraumes von 16 Monaten bestimmt worden. [1]) Es ergab sich, daß sie einen deutlichen jährlichen Gang besitzt, indem im Winter die kleinsten Werte auftreten, zum Sommer hin zunehmen, dann längere Zeit gleich bleiben, im Herbste langsam abnehmen und bei Eintritt der Winterkälte und des Schnees auf ihr Minimum sinken. Ebenso deutlich ist der tägliche Gang mit einem auffälligen Minimum zwischen 11^h und 12^h und bei einem Maximum zwischen 3^h und 5^h. Bei Föhnwinden steigt die Zerstreuung an, am deutlichsten in den Wintermonaten; die größten Werte aber erreicht sie bei starker Kumulusbildung und Gewittern, also bei stärker

---

[1]) Denkschr. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien 74. p. 55.

aufsteigender Luftbewegung. Korrespondierende Beobachtungen in der Höhe ergaben die bekannte Zunahme der Zerstreuung mit starkem Überwiegen der negativen, sowie eine Verschiebung des mittägigen Minimums und nachmittägigen Maximums.

Das Spektrum des Nordlichtes. Prof. Paulsen hatte früher darauf hingewiesen, daß das Spektrum des Nordlichtes sehr ähnlich sei dem Spektrum des negativen Lichtes in einer mit sehr verdünntem Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd gefüllten Geißlerschen Röhre. Prof. Runge bemerkte später, daß diese Ähnlichkeit nicht groß sei, daß dagegen das Spektrum des Kryptons und des Nordlichtes sehr große Ähnlichkeit zeigen. Zum Beweise gab er eine Tabelle der Wellenlängen von Spektrallinien des Nordlichtes und solche des Kryptons, meinte aber, daß erst genauere Messungen des Nordlichtspektrums eine Entscheidung geben könnten. Unlängst hat nun Sykora einige Messungen der Wellenlängen von Linien des Nordlichtspektrums nach photographischen Aufnahmen auf Spitzbergen im Winter 1899 veröffentlicht, [1]) und E. C. Baley hat dieselben mit seinen Wellenlängenmessungen von Linien des Kryptonspektrums bei niedrigem Gasdrucke verglichen. [2]) Es ergab sich, daß dieses letztere mit dem Nordlichtspektrum die engste Übereinstimmung zeigt, so daß kaum noch zweifelhaft bleibt, daß im Nordlichtspektrum dasjenige des sehr verdünnten Kryptons erscheint.

Optische Erscheinungen der Atmosphäre.

Die Intensität der durch die Sonne hervorgerufenen Beleuchtung wurde von Charles Fabry photometrisch bestimmt. [3]) Bezüglich der Beobachtungsmethoden muß auf das Original verwiesen werden. Die Messungen ergaben, daß die von der Sonne im Zenit bei mittlerer Entfernung von der Erde am Meeresniveau hervorgebrachte Beleuchtung 100 000 mal so groß ist wie die einer Dezimalkerze in 1 *m* Abstand. Wenn man nun annimmt, daß die scheinbare Helligkeit der Sonnenscheibe eine gleichmäßige ist, so folgt daraus, daß 1 *qmm* der Sonnenscheibe normal eine Lichtintensität aussendet, welche nach der Absorption durch die Atmosphäre der von 1800 Kerzen gleicht. In Wirklichkeit aber ist der Rand weniger hell als die Mitte, so daß diese Zahl ein Minimum darstellt. Zum Vergleiche führt Verf. an, daß die Intensität des positiven Kraters im elektrischen Lichtbogen 150 bis 200 Kerzen pro Quadratmillimeter beträgt.

---

[1]) Acad. Sc. St. Petersbourg. Mém. XI. 9. 1.
[2]) Astrophysic. Journal 19. Nr. 3.
[3]) Compt. rend. 137. p. 973.

Über neue Refraktionstafeln machte Dr. L. de Ball Mitteilung.[1]) Die Berechnung der Korrektionen, welche zu der mittlern Refraktion hinzugefügt werden müssen, um die dem beobachteten Barometer- und Thermometerstande entsprechende Refraktion zu erhalten, ist bekanntlich ziemlich beschwerlich. Diese Schwierigkeit wird aber aus dem Wege geräumt und die Rechnung sehr leicht gemacht, wenn man nach den Vorschlägen von Dr. de Ball zunächst die dem beobachteten Barometer- und Thermometerstande entsprechende Dichtigkeit der Luft bestimmt. Denn da die für eine gegebene Zenitdistanz gültige Refraktion hauptsächlich von der Dichtigkeit der Luft abhängt, so kann man eine Tafel berechnen, aus der man mit den Argumenten Luftdichtigkeit und Zenitdistanz gleich die bis auf eine kleine Temperaturkorrektion richtige Refraktion entnehmen kann. Über diese Temperaturkorrektion, welche selbst bei 75° Zenitdistanz nur 0.3″ betragen und ohne Mühe aus einer Tafel entnommen werden kann, verbreitete sich der Verf. ebenfalls und gibt auch ein Beispiel dafür, wie sich die Berechnung der Refraktion nach den neuen Tafeln gestaltet.

Die Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre bildete den Gegenstand einer mathematisch-physikalischen Untersuchung von Dr. A. Bemporad.[2]) Der Verf. bemerkt einleitend:

„Ein mit der astronomischen Strahlenbrechung sehr verwandtes Problem ist das der Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre. Während wir aber von Kepler bis Radau eine große Zahl von Theorien der Refraktion verzeichnen können, fehlt es bis jetzt überhaupt an einer Theorie der Extinktion des Fixsternlichtes, welche mit ähnlicher Strenge und Vollständigkeit wie die erstern entwickelt ist. Dies kann überraschen, wenn man das immer mehr sich steigernde Interesse bedenkt, welches die photometrischen Beobachtungen seit Jahrzehnten genießen, und noch mehr, wenn wir die bis jetzt entwickelten Theorien der Extinktion mit den umfangreichen Beobachtungsarbeiten auf demselben Gebiete vergleichen. Eine oft wiederholte Meinung ist, daß man durch astronomische Refraktionsbeobachtungen Aufschluß über die Konstitution der Atmosphäre gewinnen könne. Es liegt nun nahe, daß man in dieser Beziehung noch mehr von der Extinktion erwarten kann, welche im Zusammenhange mit dem atmosphärischen Zustande unvergleichlich größere Veränderungen als die Refraktion erleidet. Die Möglichkeit, hierduch manches neue Resultat zu erhalten, ist u. a. durch des Verf. neuere Bearbeitung der Müllerschen Extink-

[1]) Circular von der Kuffnerschen Sternwarte 1904.
[2]) Mitteil. d. Großh. Sternwarte zu Heidelberg (Astronomisches Institut) 1904. IV.

tionsbeobachtungen (am Säntis) wahrscheinlich gemacht; daß wichtigere Ergebnisse aus jahrelangen Beobachtungen zu erwarten sind, ist keine zu gewagte Hoffnung. Zu einer genauen Bearbeitung solcher Beobachtungen ist aber eine physikalisch gut begründete Theorie der Extinktion des Lichtes unumgänglich. Einen Beitrag zu einer solchen in der für die Praxis bequemsten Form zu liefern, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit. Verf. betont, daß die hier vorgeschlagene Theorie nur als eine erste Annäherung der Auflösung eines sehr verwickelten Problemes anzusehen ist. Folgendes ist ein kurzer Überblick über den Inhalt der vorliegenden Untersuchung.

Im ersten Kapitel wird, von dem Bouguerschen Absorptionsgesetze ausgehend, das Problem der Extinktion in etwas allgemeinerer Form, als es bis jetzt üblich war, aufgestellt, ferner eine strengere Definition und Darstellung der wichtigen Funktion F (z) (die sogen. Weglänge der Lichtstrahlen) gegeben. Kapitel 2 gibt eine kritische Übersicht der bis jetzt entwickelten Theorien der Extinktion mit besonderer Erwähnung der Bouguerschen, Lambertschen und Laplaceschen Theorien und der Hausdorffschen Untersuchungen. Im dritten Kapitel werden die Hypothesen von Ivory und Schmidt über die Konstitution der Atmosphäre zu einer Reihe von Versuchsberechnungen angewandt. Nach den Ergebnissen der neuesten wissenschaftlichen Luftfahrten (Aßmann und Berson) gibt die Schmidtsche Hypothese einer gleichförmigen Abnahme der Temperatur mit der Höhe die beste Darstellung der beobachteten Werte der Temperatur. Letztere Hypothese wird daher in der hier entwickelten Theorie schließlich angenommen. Praktisch geben aber die Ivorysche und die Schmidtsche Hypothese genau dieselben Werte der Extinktion, während die Laplacesche Theorie bei z = 87° um 0.1 Größenklasse von der strengen Berechnung abweicht. Auf Grund der durchgeführten Berechnungen werden nebenbei zwei Sätze über die Abhängigkeit der Extinktion von dem Temperaturgradienten mit der Höhe aufgestellt. Kapitel 4 enthält die eigentliche, hier vorgeschlagene Theorie, d. h. die analytische Entwicklung der Funktion F (z). Im fünften Kapitel wird endlich der Einfluß der geographischen Lage des Beobachtungsortes, ferner der Temperatur- und Druckschwankungen auf die Extinktion untersucht. Zum Schlusse sind verschiedene Tafeln beigegeben, worunter die Tafeln I bis XXIV zur Berechnung der Extinktion dienen, während die folgenden Integraltafeln die Werte von verschiedenen hier vorkommenden Integralen wiedergeben.

Die vom Verf. gegebene T a f e l d e r m i t t l e r n E x t i n k t i o n folgt hier. Es ist dabei der Transmissionskoeffizient = 0.835 (nach Müller) angenommen, und übrigens gelten die Angaben für 0° Temperatur und 760 *mm* Barometerstand im Meeresniveau; z bezeichnet die Zenitdistanz und E die Extinktion des Sternenlichtes in Größenklassen.

Mittlere Extinktion (bei 0° und 760 *mm* am Meeresniveau).

z	E	z	E	z	E	z	E
°	m	°	m	°	m	°	m
0	0.000	73	0.468	82.6	1.251	85.8	2.149
5	0.001	74	0.507	82.7	1.269	85.9	2.194
10	0.003	75	0.551	82.8	1.287	86.0	2.240
15	0.007	76	0.602	82.9	1.306	86.1	2.288
20	0.013	77	0.660	83.0	1.325	86.2	2.338
25	0.020	78	0.728	83.1	1.345	86.3	2.389
30	0.030	79	0.807	83.2	1.365	86.4	2.443
35	0.043	80.0	0.901	83.3	1.386	86.5	2.499
40	0.060	80.1	0.911	83.4	1.407	86.6	2.557
45	0.081	80.2	0.922	83.5	1.429	86.7	2.617
50	0.108	80.3	0.933	83.6	1.451	86.8	2.680
51	0.115	80.4	0.943	83.7	1.474	86.9	2.745
52	0.122	80.5	0.954	83.8	1.498	87.0	2.813
53	0.129	80.6	0.966	83.9	1.522	87.1	2.884
54	0.137	80.7	0.977	84.0	1.547	87.2	2.957
55	0.145	80.8	0.989	84.1	1.573	87.3	3.033
56	0.153	80.9	1.001	84.2	1.599	87.4	3.113
57	0.163	81.0	1.014	84.3	1.636	87.5	3.197
58	0.173	81.1	1.026	84.4	1.654	87.6	3.284
59	0.183	81.2	1.039	84.5	1.683	87.7	3.376
60	0.195	81.3	1.052	84.6	1.712	87.8	3.472
61	0.207	81.4	1.066	84.7	1.743	87.9	3.573
62	0.220	81.5	1.079	84.8	1.774	88.0	3.678
63	0.234	81.6	1.093	84.9	1.806	88.1	3.788
64	0.249	81.7	1.107	85.0	1.839	88.2	3.904
65	0.266	81.8	1.122	85.1	1.874	88.3	4.026
66	0.283	81.9	1.137	85.2	1.909	88.4	4.154
67	0.303	82.0	1.152	85.3	1.946	88.5	4.289
68	0.324	82.1	1.168	85.4	1.984	88.6	4.431
69	0.347	82.2	1.184	85.5	2.024	88.7	4.581
70	0.373	82.3	1.200	85.6	2.065	88.8	4.739
71	0.401	82.4	1.217	85.7	2.106	88.9	4.906
72	0.432	82.5	1.234	85.8	2.149	89.0	5.082
73	0.468	82.6	1.251				

Es ergibt sich hieraus, daß die Extinktion in der Erdatmosphäre die Helligkeit eines Sternes vom Zenit bis zu 1° über dem Horizonte um volle fünf Größenklassen vermindert.

Das Wiedersichtbarwerden des Bishopschen Ringes im Jahre 1903 ist von F. A. Forel konstatiert worden,[1]) und A. Wolf in Heidelberg hat es bestätigt.[2]) Offenbar wurde die Erscheinung durch Lichtbeugung an feinem bis in die höchsten Regionen der Atmosphäre geschleuderten Staube (Asche der westindischen Vulkanausbrüche des Mai 1902) verursacht. In Heidelberg konnte der Ring das ganze Jahr über gut gesehen werden. Der Radius der hellen Scheibe

1) Compt. rend. **138**. p. 688.
2) Sirius **37**. p. 203.

um die Sonne (innerer Rand des braunen Ringes) betrug am Anfange des Jahres 12.5°, Ende August 10°. Der Durchmesser der hellen Scheibe um den Mond wurde im Februar durch Anschluß an Sterne zu 18.6° bestimmt. Die vulkanischen Dämmerungserscheinungen, bemerkt Prof. Wolf, traten wie im Vorjahre wieder periodisch auf, so daß wohl kein Zweifel mehr besteht, daß der Staub sich in einzelnen großen Wolken um die Erde bewegt. Nachdem das ganze Frühjahr hindurch kaum auffallende Dämmerungserscheinungen aufgetreten waren, entwickelten sie sich ganz plötzlich um den 3. August 1903 zu großer Pracht. Nach einer kürzern Pause traten sie Ende August und Anfang September wieder in noch nie gesehener Schönheit und Intensität auf, prächtiger als 1884. Besonders am 30. und 31. August und am 1. September, und zwar ebensowohl abends als morgens, war das Phänomen unbeschreiblich großartig, und es konnten mehrere vollständige Beobachtungsreihen erhalten werden. Darnach nahm die Intensität der Erscheinungen rasch ab, und sie verschwanden gegen den 8. September. Am 23. September begann abermals eine aber viel schwächere Periode für wenige Tage. Die nächsten Perioden gruppierten sich um den 6. und 7. Oktober, dann um den 19. und 20. Oktober und zuletzt um den 9. November. Seither wurde keine vulkanische Dämmerung mehr beobachtet.

Klimatologisches und Wetterprognosen.

Die Klimatographie von Österreich. Auf Anordnung der k. k. Regierung wird in einem monumentalen Werke auf Grund 50jähriger Beobachtungsergebnisse eine eingehende Darstellung des Klimas der verschiedenartigen Teile Österreichs, d. h. der im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder, erscheinen. Es wird dabei zunächst in Monographien das Klima der einzelnen Länder behandelt und in einem Schlußbande später eine zusammenfassende Übersicht der klimatischen Verhältnisse von ganz Österreich gegeben werden. Von den Monographien ist die erste „Klimatographie von Niederösterreich“ von J. Hann jetzt erschienen.[1]) Der Altmeister der Klimatologie gibt darin eine vorbildliche Behandlung des Stoffes, wobei er indessen betont, daß über manche klimatologische Erscheinungen noch keine genügenden Beobachtungen vorliegen. Aus dem Überblicke über das Klima von Niederösterreich, den Verf. dem speziellen Teile voraufschickte, sei folgendes hervorgehoben:

„In bezug auf seine Wärmeverhältnisse liegt Niederösterreich im Gebiete der Jahresisotherme von 10° (im Meeresniveau oder ca. 9° im Niveau von 200 *m*), der Januarisothermen von 1— bis — 2°, und der Juliisothermen von 20 bis 21° (im Meeresniveau; auf je 200 *m* Zunahme der Seehöhe kann man rund 1° Abnahme der Temperatur annehmen); die mittlere Jahresschwankung der Wärme

---

[1]) Wien 1904. In Kommission bei W. Braumüller.

ist in den niedrigern Lagen 20 bis 21° abnehmend mit der Seehöhe, die mittlern Jahresextreme der Temperatur aber liegen 40 bis 50° auseinander (in den wärmern Teilen ist die durchschnittliche größte Kälte im Jahre etwa — 14°, in den kältesten — 20°, die durchschnittlichen höchsten Grade der Sommerwärme aber liegen zwischen 33 bis 29°; die größten Wärmegrade sind stets gleichmäßiger verteilt als die größten Winterkältegrade). In den kältesten (noch bewohnten) Teilen Niederösterreichs kommen Temperaturminima selbst unter — 30° (wenn auch selten) vor, so im nördlichen Teile des Waldviertels und in einigen besonders kalten Alpentälern in größerer Höhenlage. Die höchsten Wärmegrade überschreiten (auch selten) 36°.

Die Temperaturschwankungen innerhalb eines Monates sind (leicht begreiflicherweise) zumeist im März am größten, wo sie 20 bis 25°, in einigen extremen Alpentälern selbst 30° erreichen können. Im allgemeinen halten sich die Temperaturextreme eines Monates innerhalb 20 bis 22°.

Die mittlere tägliche Wärmeänderung beträgt in Wien im Jahresmittel 7.2, im Dezember 4.2, im Juli und August 9.1°. Temperaturänderungen von 15° kommen recht selten vor, doch sind auch solche von 20° schon eingetreten. In einigen Alpentälern von 900 bis 1000 *m* Seehöhe (Lahnsattel, Neuhaus am Zellerrain) kommen auch im Winter sehr große mittlere Tagesschwankungen der Temperatur vor. Plötzlich eintretendes Tauwetter im Winter nach großer Kälte oder nach sehr heißen Nachmittagen rasch hereinbrechende Sturmgewitter bringen die größten Temperaturänderungen im Laufe eines Tages. Die sommerlichen Abkühlungen werden viel empfindlicher gefühlt als die gelegentlichen winterlichen raschen Erwärmungen, infolge der leichtern Bekleidung und der größern Empfindlichkeit der Haut zur warmen Zeit.

Ein wichtiges klimatisches Element ist auch die Veränderlichkeit der Temperatur von einem Tage zum nächsten, ausgedrückt durch die Differenz der sich folgenden Tagesmittel der Temperatur.

In Wien speziell gibt es im Sommer (Mai bis August) viel häufiger starke Abkühlungen als Erwärmungen. Tage mit einer Änderung der Mitteltemperatur von 4 bis 8° und 8 bis 10° und darüber: Erwärmungen 4.1 und 0.0, Summe 4.1, Erkaltungen 8.1 und 0.7, Summe 8.8. In den Monaten Mai bis August kommen also durchschnittlich etwa neun Tage jährlich vor mit einer Abkühlung von 4 bis 10°. Änderungen der Tagesmittel der Temperatur über 10° (von einem Tage zum nächsten) haben im Jahre: Wien an 1.1, Gutenstein an 0.4, Reichenau an 1.9, Schneeberg in 1400 *m* an 3.2, Rorregg an 0.6, Grußbach an 1.4, Liebenau an 1.2 Tagen.

Um eine richtige Vorstellung von den Wärmeverhältnissen eines Landes zu gewinnen, muß man neben den mittlern Temperaturen der Monate und der Jahreszeiten auch die Grenzen kennen, innerhalb welcher sich diese Temperaturen während eines größern Zeitraumes gehalten haben. Um in diesem Sinne für Niederösterreich den Wechsel der Temperaturverhältnisse nicht bloß im allgemeinen beurteilen zu können, sondern auch die milden und strengen Winter, die heißen und kühlen Frühlings- und Sommermonate usw. speziell nach ihren Wärmegraden kennen zu lernen, hat Verf. eine Tabelle der Abweichungen der einzelnen Monats- und Jahrestemperaturen von dem fünfzigjährigen Mittel 1851/1900 für Wien beigegeben. Diese Abweichungen dürfen mit nicht zu großen Fehlern für Niederösterreich überhaupt als gültig angesehen werden.

Die Luftfeuchtigkeit ist im ganzen Lande ziemlich gleichmäßig hoch, nur im Frühjahre bei anhaltenden Ostwinden tritt zuweilen eine größere relative Trockenheit ein, mehr vorübergehend auch im Hochsommer und Herbste. Auch die Bewölkung zeigt relativ geringe Unterschiede und schwankt in den Monatsmitteln zwischen 70 und 80% der Himmelsfläche von November bis Januar und 45 bis 50% im August und September.

Eins der wichtigsten klimatischen Elemente, die Verteilung der Niederschlagsmengen, wird durch eine Regenkarte von Niederösterreich illustriert,

welche die Linien gleicher Niederschlagsmengen (Isohyeten) in Zentimetern enthält. Zur Herstellung dieser Karte mußten die von dem k. k. hydrographischen Zentralbureau publizierten Ergebnisse der Regenmessungen (größtenteils 1896 bis 1900) herbeigezogen werden, ohne welche die Herstellung einer Regenkarte nicht tunlich gewesen wäre. Die Jahressummen wurden sämtlich auf die zwanzigjährige Periode 1881 bis 1900 reduziert.

Die größten Tages- und Stundensummen des Niederschlages erreichen in Niederösterreich beträchtliche Höhen. Die größten Tagesmengen fallen fast stets bei Landregen, während die größten Stundenmengen (und Mengen pro Minute namentlich) bei kurzen Platzregen oder Gewitterregen fallen.

In Wien selbst waren die größten Tagesmengen: 97.3 *mm* vom 28. bis 29. Juli 1882; 15. bis 16. Mai 1885 139.3 *mm*; 20. bis 21. Juni 1886 109.7 *mm*, sämtlich als Landregen bei Weststurm, unter dem Einflusse eines Barometerminimums über der Adria, das nach Ungarn heraufzieht. Vom 15. bis 16. Mai 1885 fielen in 24 Stunden 22%, also fast ein Viertel der normalen jährlichen Niederschlagsmenge! Die Stationen des Wienerwaldes haben noch größere Tagesmengen aufzuweisen. Zum Beispiel Hadersdorf am 12. Mai 1881 über 175 *mm* Regen und Schnee (Regenmesser vielleicht übergelaufen), 20. Juni 1886 114 *mm*. 29. Juli 1897 188 *mm* Zu erwähnen wäre noch der Schneesturm vom 3. November 1878, der 97 *mm* Wasser lieferte. Der 29. Juli 1897 lieferte große Tagesmaxima: Tullnerbach 182 *mm*, Prebrunn und Preßbaum 156 und und 154 *mm*, St. Corona an der Triesting 166 *mm*, Rohr im Gebirge 157 *mm*, Schwarzenbach an der Pielach 163 *mm*, Frankenfels an der Pielach 193 *mm*. Die Maxima bei der Regenzeit und Hochwasserperiode in der ersten Hälfte des September 1899 waren: Am 12. September fielen zu Lackenhof 218 *mm*, Gaming 217 *mm*, Frankenfels 136 *mm*, St. Corona an der Triesting 106 *mm*. Dagegen überschritten die Tagesmaxima der Gebirgsstationen nicht 100 *mm*: Gutenstein 1873/1900 absolutes Maximum 78 *mm*, 22. Juni 1874; Reichenau 1877/1900, 98 *mm* am 28. Juni 1882; Schwarzau im Gebirge 1882/1900, 98 *mm* am 12. September 1899; Lahnsattel (mit 157 *cm* Jahresmenge) Maximum der Periode 1886/1898, 103 *mm* am 29. Juli 1897 (Monatssumme 416 *mm*), d. i. nur 6.6% der Jahresmenge.

Die größten Stundenmengen können in Niederösterreich 60 *mm* zuweilen überschreiten. Da diese Mengen fast nur den Registrierungen des Regenfalles entnommen werden können, so beziehen sie sich zumeist auf die letzten Jahre.

Der Gewitterregen vom 1. August 1896 lieferte zu Mariabrunn von $1^h\,45'$ bis $2^h\,45'$ 61.3 (im ganzen 80 *mm*), in der Hinterbrühl fielen 34.2 *mm* in 24′, Laarberg hatte 82 *mm* von 2 bis 3^h (etwas fraglich). Einige der größten Regenmengen in kurzer Zeit in Wien selbst sind: Am 3. Juli 1891 fielen in 1 Stunde 30 *mm*, und davon 10 *mm* in sechs Minuten; der Hagelfall am 7. Juni 1894 lieferte in 20 Minuten in Mariabrunn 37.4 *mm*, am Westbahnhof 36, und 37.3 *mm* auf der Schmelz in 15 Minuten. Am 3. Juli 1895 lieferte ein Gewitterregen auf der Hohen Warte 26.5 *mm* in 20 Minuten, davon 20.0 *mm* in 12 Minuten. Regenmengen von ca. 2 *mm* pro Minute gehören zu den größten, die für Niederösterreich bisher nachgewiesen worden sind.

Das Maximum der Häufigkeit der Gewittertage fällt auf den Juli, im Winterhalbjahre sind Gewitter sehr selten, am seltensten in den Alpentälern.

Auch die Häufigkeit der Gewittertage unterliegt großen Schwankungen. In Wien waren die extremen Zahlen 30 1868 und 31 1892, dann 10 1859, 1869, 1880. Der August 1890 hatte zwölf Gewittertage, der Juni 1853 deren acht.

Im allgemeinen hat ganz Niederösterreich sehr gleichförmige Windverhältnisse, überall überwiegen die Westwinde weitaus zu allen Jahreszeiten (ganz lokale Eigentümlichkeiten in Tälern natürlich beiseite gelassen); überall werden die Nordwinde im Frühjahre häufiger und die Ostwinde im Frühlinge und Herbste. Im Sommer erreichen die West- und Nordwestwinde eine noch größere Häufigkeit als in den andern Jahreszeiten. Die häufigsten Südwinde haben der Oktober und November.

Die Witterungsverhältnisse auf Island und deren Beziehungen zu den gleichzeitigen Witterungsanomalien in Nordwesteuropa. Prof. J. Hann hat hierüber eine wichtige Untersuchung der Wiener Akademie vorgelegt.[1]) Die Grundlagen derselben bilden die Monats- und Jahresmittel der Temperatur und des Luftdruckes (1846 bis 1900) sowie die Niederschlagsmengen (1857 bis 1900) von Stykkisholm auf Island, welche der Verfasser zusammengestellt und dann dazu benutzt hat, die Abweichungen der einzelnen Monatswerte dieser meteorologischen Elemente von deren 50 jährigen Mittelwerten festzustellen. Diesen Abweichungen werden dann geg nübergestellt die Abweichungen der Temperatur zu Greenwich, Brüssel und Wien aus der gleichen Periode, ferner die Abweichungen des Luftdruckes und des Regenfalles zu Brüssel und des Luftdruckes zu Wien, zum Teile nur für die Wintermonate.

Die allgemeinsten Ergebnisse sind: Erstlich für die drei Wintermonate. Die Luftdruckabweichungen in Nordwest- und Mitteleuropa sind in 70% der Fälle den gleichzeitigen Abweichungen zu Stykkisholm dem Sinne nach entgegengesetzt. Für die Temperatur ist aber die Wahrscheinlichkeit eines Gegensatzes bloß 0.56, für die Niederschlagsmenge zu Brüssel 0.68.

Viel entschiedener ist die Beziehung zwischen den Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm und den gleichzeitigen Temperaturanomalien in Nordwest- und Mitteleuropa.

Ist die Luftdruckabweichung eines Monates zu Stykkisholm negativ (Luftdruck unter dem 50 jährigen Mittel), so ist die Wahrscheinlichkeit einer gleichzeitigen positiven Temperaturabweichung in Nordwest- und Mitteleuropa 0.82 und umgekehrt, wenn die Luftdruckabweichung positiv, so ist die Wahrscheinlichkeit einer negativen Temperaturabweichung daselbst 0.73.

Eine Vertiefung des stationären Luftdruckminimums bei Island bedingt eine Erhöhung der Wintertemperatur von Nordwest- und Mitteleuropa, umgekehrt eine Abschwächung desselben eine Temperaturerniedrigung.

Zweitens: Die Untersuchung wird auf alle größern Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm ausgedehnt. Das Ergebnis ist das gleiche. In kürzester Form ist dasselbe in der folgenden kleinen Tabelle enthalten:

	Zahl der Fälle	Mittlere Abweichung: Luftdruck Stykkisholm	Mittlere Abweichung: Temperatur Greenwich und Brüssel	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens der Temperaturabweichung
Winterhalbjahr . . .	67	+ 8.6 *mm*	— 1.5°	0.81
Sommerhalbjahr . . .	55	+ 3.8 „	— 0.5°	0.65
Winterhalbjahr	72	— 7.7 „	+ 1.4°	0.90
Sommerhalbjahr . . .	50	— 5.0 „	+ 0.7°	0.76

[1]) Wiener Akad. Anzeiger 1904. Nr. 1.

Im Winterhalbjahre bedingt jede größere Luftdruckabweichung bei Island mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.86 eine Temperaturabweichung im entgegengesetzten Sinne in Nordwesteuropa, im Sommerhalbjahre nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.70.

Drittens: Es werden die drei größten Temperaturabweichungen jedes Monates und des Jahres zu Greenwich 1851 bis 1900 den gleichzeitigen Luftdruckabweichungen auf Island gegenübergestellt. Das Ergebnis von 83 Fällen ist folgendes:

Temperaturabweichung zu Greenwich (Mittel)	Luftdruckabweichung zu Stykkisholm (Mittel)	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens der Luftdruckabweichung
+2.7°	—3.0 *mm*	0.83
—2.8	+4.7 „	0.85

In 84% der Fälle treten demnach die größern Temperaturabweichungen zu Greenwich gleichzeitig ein mit größern Luftdruckabweichungen von entgegengesetzten Vorzeichen zu Stykkisholm.

Der Verfasser geht dann etwas näher auf spezielle Fälle ein und hebt hervor, daß wohl Buchanan der erste war, der auf die hier spezieller nachgewiesenen Beziehungen aufmerksam gemacht hat. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen sind ein strenger Beweis dafür, daß das milde Klima von Nordwest-, ja auch noch von Mitteleuropa in erster Linie von dem Luftdruckminimum bei Island abhängig ist.

Der Verfasser untersucht dann ferner die Beziehungen zwischen den gleichzeitigen Luftdruckanomalien zu Ponta Delgada auf den Azoren und jenen zu Stykkisholm, also die Beziehungen zwischen den beiden atlantischen „Aktionszentren der Atmosphäre", wie Teisserenc de Bort das Barometermaximum bei den Azoren und das Barometerminimum bei Island genannt hat.

Die Untersuchung wurde ähnlich wie oben geführt.

Erstes Ergebnis in kürzester Form in Gesamtmitteln:

Zahl der Fälle	Mittlere Luftdruckabweichung zu Ponta Delgada	Mittlere Luftdruckabweichung zu Stykkisholm	Wahrscheinlichkeit des Vorzeichens dieser Abweichung
42	+ 4.5 *mm*	—2.4 *mm*	0.71
41	—5.1 „	+4.4 „	0.83

Es ist demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.77 auf einen Gegensatz in den gleichzeitigen größern Luftdruckabweichungen bei den Azoren und bei Island zu schließen. Graphische Darstellungen der Luftdruckabweichungen von zehn Jahren haben Hildebrandsson schon früher (1897) in allgemeinen Umrissen darauf schließen lassen. Ein numerischer Nachweis wurde nicht gegeben. — Nun wird die Fragestellung wieder umgekehrt. Welche Luftdruckabweichungen zu Ponta Delgada begleiten die größten positiven und negativen Luftdruckabweichungen zu Stykkisholm? Das Ergebnis einer größern bezüglichen Tabelle ist, daß in 80% der Fälle den größten positiven Druckabweichungen zu Stykkisholm negative Luftdruckabwei-

chungen zu Ponta Delgada entsprechen und den größten negativen Druckabweichungen zu Stykkisholm in 87% der Fälle positive Abweichungen zu Ponta Delgada. Man wird demnach behaupten dürfen, daß die beiden atlantischen Aktionszentren der Atmosphäre in einer gewissen Wechselbeziehung stehen.

Ist der Luftdruck bei den Azoren höher als im Mittel, und gleichzeitig der Druck bei Island niedriger, wie dies in 70 bis 80% der Fälle stattfindet, so wird das normale Luftdruckgefälle über dem Atlantischen Ozeane verstärkt, die atmosphärische Maschine arbeitet dann intensiver, die klimatische Begünstigung von Europa erfährt dabei eine Steigerung. Umgekehrt im entgegengesetzten Falle. Das mittlere Druckgefälle von den Azoren nach Island ist im Dezember 14.7 mm, im Januar 18.3, Februar 14.3, März 9.8. Einige Fälle größter Steigerung desselben folgen zugleich mit den entsprechenden Temperaturanomalien in Nordwest- und Mitteleuropa.

	Dezember 1891	Januar 1890	Februar 1868	Februar 1883	März 1868	März 1882
Stykkisholm . . .	740.8	736.8	741.7	738.8	744.3	744.3
Ponta Delgada . .	769-9	768.0	771.9	767.8	771.9	772.1
Differenz	29.1	31.2	30.2	29.0	27.6	27.8
	Temperaturabweichung zu:					
Greenwich . . .	+0.1	+2.4	+1.9	+1.9	+1.4	+2.9
Brüssel	+0.1	+3.4	+2.3	+2.4	+1.7	+2.9
Wien	+1.2	+2.9	+3.6	+1.4	+0.6	+5.0

Diese Tabelle bestätigt das oben Gesagte.

Die Fälle, wo der Luftdruck bei den Azoren ungewöhnlich hoch und gleichzeitig bei Island ungewöhnlich tief ist, sind besonders interessant, weil sie nicht als eine bloße Verlagerung des subtropischen Hochdruckgürtels aufgefaßt werden können, sondern nur als Folge einer gesteigerten Intensität der atmosphärischen Zirkulation. Wenn der NO-Passat kräftiger weht als durchschnittlich, wird er das Druckmaximum zu seiner Rechten stärker aufstauen. Dadurch wird aber auch der große Wirbel im nordatlantischen Ozeane verstärkt, und in seinem Zentrum bei Island das Luftdruckminimum vertieft. So können die oben nachgewiesenen entgegengesetzten Luftdruckanomalien bei den Azoren und bei Island wie Ursache und Wirkung verknüpft sein.

Der letzte Abschnitt der Abhandlung beschäftigt sich eingehender mit der Meteorologie von Stykkisholm, welche wegen der Lage dises Ortes nahe dem Zentrum des großen Luftwirbels besonderes Interesse beanspruchen kann. Im Anschlusse daran werden auch die Temperaturverhältnisse der neuen dänischen Station zu Angmagsalik an der Ostküste von Grönland, Stykkisholm nahezu gegenüber, erörtert. Die siebenjährigen Temperaturaufzeichnungen (1895 bis 1901) werden auf die lange Reihe von Stykkisholm reduziert. Letzterer Ort hat den warmen Irminger Strom zur Seite, Angmagsalik aber den eisführenden Polarstrom. Die mittlere Temperaturdifferenz erreicht deshalb im Februar 8.1° und beträgt noch im Jahresmittel 5.3°. Das

Temperaturgefälle pro Grad (111 *km*) ist im Winter 1.1° und noch im Jahresmittel 0.9°, wohl eines der größten Temperaturgefälle über eine freie Meeresfläche hin. Zwischen Stykkisholm und der Küste von Norwegen in gleicher Breite auf einen Abstand von 35 Längengraden ist die Temperaturdifferenz im Februar bloß 1.3°, hier auf 14½ Grade 8.1°. Die mittlern Temperaturen (1851 bis 1900) von Angmagsalik 65° 37′ N sind Februar — 10.8, Juli 5.4, Jahr — 2.6, dagegen: Stykkisholm 65° 4′ Februar — 2.7, Juli 9.7, Jahr 2.8. Zwei theoretisch sehr interessante Fälle von NW-Föhn zu Angmagsalik, aus dem Innern Grönlands herauswehend, werden näher beschrieben.

Ein neues System allgemeiner Luftdruckprognosen auf längere Zeit für den Nordatlantischen Ozean ist von Prof. Herrmann ausgearbeitet und praktisch verwertet worden, das, wenn es sich bewährt, dem Seefahrer ganz andere Chancen bieten würde als die fehlsamen Eintagsprognosen der jetzigen staatlichen Zentralstellen. Daß die Seefahrer auf diese letztern kein Gewicht legen, und die großen Ozeandampfer zur festgesetzten Zeit ausfahren, gleichgültig, ob ein Sturmwarnungssignal steht oder nicht, ist bekannt. Selbst wenn diese Eintagsprognosen stets richtig wären, würden sie für die auf See befindlichen Schiffe doch nutzlos sein und auch dann noch wenig Wert haben, wenn jedes Schiff mit Apparaten für drahtlose Telegraphie ausgerüstet wäre. „Unsere gefährlichsten außertropischen Stürme," sagte Prof. Herrmann kürzlich in einem Vortrage im Nautischen Vereine zu Hamburg, [1]) „erstrecken sich meist auf ein so ausgedehntes Gebiet und haben eine so schnelle Verbreitung, daß es dem Schiffe nur in den seltensten Fällen gelingen würde, dem Bereiche eines Sturmes zu entgehen, wenn es von dem Auftreten eines solchen auf seinem Wege für den nächsten Tag benachrichtigt würde. Dazu kommt, daß die Eigenartigkeit der außertropischen Stürme in sehr vielen Fällen es keineswegs notwendig macht, oder es als die Gefahr verringernd anraten läßt, wie bei den tropischen Wirbelstürmen, einem Wirbelzentrum auszuweichen.

An einen andern unmittelbaren Nutzen einer Prognose allein für den folgenden Tag für das unterwegs befindliche Schiff als den der Möglichkeit, einer augenblicklich drohenden Gefahr zu entgehen, kann wohl nicht gedacht werden. Nur insofern, als mit dieser Prognose eine Charaktersitik der allgemeinen Wetterlage verbunden wäre, würde für die Fälle, in denen erfahrungsgemäß ein etwas längerer Bestand gewisser Windverhältnisse vorauszusehen ist, der Schiffsführer, insbesondere eines Segelschiffes, bei der weitern Wahl seines Weges zeitweise sich bestimmen lassen können."

Eine Prognose auf längere Zeit hinaus ist aber nach der gegenwärtigen Auffassung der atmosphärischen Vorgänge und auch in bezug auf die Wettergestaltung auf dem Festlande unmöglich. Anders verhält es sich nach den Untersuchungen von Prof. Herrmann für

[1]) Als Broschüre erschienen bei Eckhard & Meßdorff in Hamburg.

den Ozean, wenn es hauptsächlich auf die Art und Weise der Luftdruckverteilung, d. h. auf die Windverhältnisse, abgesehen wird. Er verwirft die Vorstellung von regelmäßigen, kreisförmigen Wirbeln und Zyklonen in unsern Breiten und sagt geradezu, wenn man ein System kreisförmiger Isobaren bei der Darstellung von Wettervorgängen finde, könne man mit Sicherheit annehmen, daß dies den Tatsachen nicht entspreche, und dies System sich anders gestalten würde, wenn zahlreichere und besser verteilte Beobachtungen vorlägen. Die Auffassung jener Erscheinungen als Wirbel habe in mehrfachen mathematischen Entwicklungen anscheinend eine Stütze gefunden. Gegen diese mathematischen Ableitungen könne im allgemeinen weniger der Einwand gemacht werden, daß sie in ihren Bedingungen der Wirklichkeit nicht entsprechende Einschränkungen aufstellten. Solche Einschränkungen seien bei der mathematischen Ableitung physikalischer Erscheinungen, zu denen natürlich auch die Vorgänge des Luftmeeres gehören, meist nötig, um ihre Durchführung überhaupt zu ermöglichen. Hauptsächlich aber seien diese Ableitungen deshalb anfechtbar, weil bei ihnen das ungeheuere Verhältnis der horizontalen Ausdehnung jener vermeintlichen Luftwirbel zu ihrer Höhe nicht berücksichtigt wurde. Sie mögen Geltung haben für die nächste Umgebung des Luftdruckminimums, nimmermehr aber für die großen mächtigen Erscheinungen unserer Atmosphäre. Wie verschwindend seien doch die wenigen Meilen der Höhe selbst der gesamten Atmosphäre zu der ungeheuern horizontalen Ausdehnung der ganze Ozeane und Kontinente umfassenden Phänomene. Keineswegs sei auch bisher durch die Beobachtungen der höchsten Luftschichten, sei es durch den Zug der Cirruswolken, sei es durch Ballonfahrten und Drachenaufstiege das Vorhandensein der von der Theorie daselbst geforderten Luftbewegungen nachgewiesen.

Prof. Herrmann hat sich früher selbst mit Aufstellung von Wetterprognosen an der Deutschen Seewarte beschäftigt, er erklärt aber offen und ehrlich, daß er das Unzulängliche dieser Verfahrungsweise empfunden habe. Erst als er von dieser Technik, die wohl eigentlich von der Hand in den Mund lebt, sich frei gemacht und das Studium synoptischer Wetterkarten, die sich von den Felsengebirgen Nordamerikas bis zum Ural erstreckten, betrieben, hätten sich ihm neue Gesichtspunkte eröffnet. Es ist ja auch naheliegend, anzunehmen, daß der wirkliche Zusammenhang dieser Erscheinungen erst auf einem solchen weitern Gebiete in die Erscheinung treten wird, wenn er sich überhaupt deutlich erkennbar macht. Bei seinen Untersuchungen hat Prof. Herrmann nur das einzige auf diesem Felde ausnahmslos gültige Gesetz in den Kreis seiner Betrachtungen gezogen, das barische Windgesetz, welches die Beziehung zwischen Luftdruckverteilung und Wind ausdrückt. „Das erste," sagt er, „was nun bei einem eingehendern Studium jener weite Gebiete umfassenden Wetterkarten in das Auge fällt, ist die häufige Gruppierung

der Luftdruckverteilung und der Winde in ihren großen Zügen nach Zonen, die von der westlichen Grenze des Kartenbereiches bis zu ihrer östlichen sich erstrecken. Da natürlich Hochdruckzonen, mit einer Linie höchsten Luftdruckes, abwechseln mit Zonen niedrigern Luftdruckes, die eine Linie niedrigsten Luftdruckes einschließen, so erinnern diese Zonen an die bekannten Mauryschen Zonen der Mittelwerte des Luftdruckes und der Winde. In Wirklichkeit haben sie aber dann ganz verschiedene Lagen, und zu verschiedenen Zeiten sind ihre Lagen auch unter sich höchst verschieden, so daß zu einer Zeit dort eine Niedrigdruckzone liegt, wo zu anderer eine Hochdruckzone sich befindet. Entsprechend gestalten sich auch die vorherrschenden Luftströmungen äußerst verschieden. In den Fällen aber, in denen in der Luftdruckverteilung die zonale Verteilung zurücktritt, fand Prof. Herrmann, daß dann etwa in der Richtung der Breitenkreise fortschreitend sich in annähernd gleichen Entfernungen oft Zunahme und Abnahme des Luftdruckes wiederholen, und den Gebieten niedrigen Luftdruckes entsprechen benachbarte, ähnlich gestaltete Gebiete hohen Luftdruckes. Darin schien sich ihm eine wellenartige Natur der atmosphärischen Vorgänge zu offenbaren. Diese Tatsachen zeigten, daß von einer beständigen allgemeinen Luftzirkulation im Sinne Ferrels in Wirklichkeit keine Rede sein konnte, und es entstand die Frage, ob eine solche ständige Zirkulation infolge einer Temperaturabnahme vom Äquator zum Pole selbst auf einer gleichartigen Erdoberfläche überhaupt möglich sei. Auf der Naturforscherversammlung zu Wien (1894) konnte Prof. Herrmann aus mathematischen Gründen nachweisen, daß dies in der Tat nicht der Fall sei. Wenn aber der notwendige Austausch der Luft infolge der Temperaturunterschiede zwischen dem Äquator und den Polen durch beständige Luftströmungen nicht möglich ist, derselbe also nur unter zeitlichen Veränderungen sich vollziehen kann, so bedingen die physikalischen Eigenschaften der Luft periodische Schwingungen und Wellen.

Dies folgt sogar aus den Ferrelschen mathematischen Untersuchungen, wie Prof. Herrmann speziell zeigen konnte. Dann hat Dr. Margules nachgewiesen, daß die auf einer rotierenden Kugel in einer dünnen, dieselbe bedeckenden Atmosphäre möglichen Wellenbewegungen und Schwingungen graphisch ähnliche Isobarensysteme und Maxima und Minima zeigen müssen, wie unsere Wetterkarten tatsächlich enthalten. Das unterstützt die Schlußfolgerungen von Prof. Herrmann wesentlich, und sonach darf man mit einem hohen Grade von Gewißheit annehmen, daß die veränderlichen Vorgänge in der Atmosphäre, die geschlossenen Isobarensysteme und die mit ihnen verbundenen Windsysteme, abgesehen von lokalern Modifikationen, Teile der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation zwischen Äquator und Pol sind.

Natürlich handelt es sich in der Atmosphäre nicht um eine Welle oder Schwingung, sondern um viele, die sich summieren oder

auch aufheben, und es entsteht jetzt die Aufgabe, die Periodizitäten derselben festzustellen. Diese Aufgabe ist mathematisch zunächst unlösbar, man muß sich vielmehr an eine praktische Prüfung halten. Dabei entdeckte Prof. Herrmann, daß die großen Zonen der Luftdruckverteilung, die in ihrer Veränderlichkeit wohl als Schwingungen aufzufassen sind, und auch die Bewegungen der fortschreitenden Wellensysteme sich auf der nördlichen Halbkugel um einen Pol gruppieren, der aber nicht mit dem geographischen Pole zusammenfällt, sondern nicht weit vom magnetischen Nordpole zu suchen ist. In meteorologischer Beziehung ist dadurch verständlich, weshalb die Bahnen der Minima über dem nordamerikanischen Festlande vorzugsweise von West nach Ost gerichtet sind, über dem Nordatlantischen Ozeane immer mehr nach Norden abbiegen und über Europa vorwiegend gegen Nordosten fortschreiten.

Um zu zeigen, bis zu welchem Grade es ihm schließlich gelungen ist, Periodizitäten der Luftdruckverteilung festzustellen, gibt Prof. Herrmann Karten der Luftdruckverteilung für zwei verschiedene Tage mit gänzlich verschiedenen Wetterlagen. An dem einen ist der Ozean in den mittlern Breiten von einer gewaltigen Depression überdeckt, während das Azorenmaximum und Islandminimum verschwunden sind. Am andern Tage zieht sich in nahezu gleicher Lage ein Hochdruckgebiet quer über den Ozean, und sowohl das Azorenmaximum als auch das Islandminimum ist vorhanden.

Man muß gestehen, daß die theoretisch festgelegten Isobaren mit den wirklichen sehr gut übereinstimmen, unvergleichlich besser, als es nach dem bisherigen alten Systeme der täglichen Wetterprognosen überhaupt zu erreichen wäre. Würde ein solches Zutreffen allgemein und für jedes Datum vorhanden sein, so wäre für die Seeschiffahrt das Problem gelöst; daran kann aber natürlich zurzeit noch nicht gedacht werden. Immerhin handelt es sich um eine hochwichtige Anbahnung neuern Fortschrittes auf diesem Gebiete, denn für den Seefahrer ist die beiläufige Kenntnis der in der nächsten Woche auf dem Meere zu erwartenden Luftdruckverteilung von höchstem Werte, da Richtung und Stärke des Windes für ihn in erster Linie wichtig sind. Was in dieser Beziehung die von Amerika ausgehenden monatlichen Pilot Charts und ähnliche Unternehmungen in Europa leisten, ist unwesentlich. Sie enthalten nämlich nur die durchschnittlichen Wind- und Strömungsverhältnisse nach den bisherigen Beobachtungen. Die tatsächliche Luftdruckverteilung und die Winde weichen aber so wesentlich von den mittlern ab, daß den Schiffsführer, der sich auf diese Angaben allein verließe, die bedenklichsten Überraschungen treffen würden. Selbst die beständigern Winde der Passate und Monsune erfahren mannigfache Störungen. Auch die Häufigkeitszahlen der Winde haben für den Fall der einzelnen Reise doch nur einen sehr bedingten Wert.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 8190

